

**CONSTRUÇÃO DE UM MANUAL SIMPLIFICADO DE TECNOLOGIAS
UNIFAMILIARES EM ESGOTAMENTO DOMÉSTICO**

Moreno Barros Arruda

Orientador: Guilherme Farias Cunha

2011/1




**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**CONSTRUÇÃO DE UM MANUAL SIMPLIFICADO DE TECNOLOGIAS
UNIFAMILIARES EM ESGOTAMENTO DOMÉSTICO**

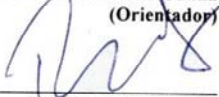
MORENO BARROS ARRUDA

Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos requisitos para Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental.

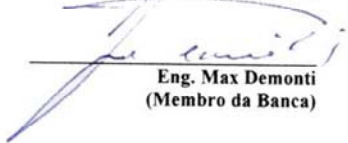
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Guilherme Farias Cunha
(Orientador)



Prof. Paulo Belli Filho
(Membro da Banca)



Eng. Max Demonti
(Membro da Banca)

FLORIANÓPOLIS – JUNHO / 2011

"Seja a mudança que você quer ver no mundo"
(Dalai Lama)

ARRUDA, Moreno Barros.

Construção de um Manual Simplificado de Tecnologias Unifamiliares em
Esgotamento Doméstico

Moreno Barros Arruda – Florianópolis, junho de 2011.

154 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal de
Santa Catarina. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Graduação
em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Título em Inglês: Construction and Dissemination of a Simplified Manual with
Single Families Technology of Sanitation

1. Manual Simplificado. 2. Saneamento Básico 3. Biodigestor Anaeróbio 4. Eflu-
entes Líquidos.

AGRADECIMENTOS

A minha família, que considero principalmente meus pais Ângelo Marcos Vieira de Arruda e Ana Elizabete de Miranda Barros Arruda, além de meu irmão Lucas Barros Arruda pelo imenso amor fraterno e por sempre me incentivarem a fazer o melhor em tudo e fazer acreditar no potencial pessoal.

A todos os meus verdadeiros amigos, com os quais sempre tenho o prazer de aprender os ensinamentos da vida. Os de infância, de minha cidade natal, Campo Grande-MS, que até os dias de hoje permanecem em minha vida. Também aqueles da graduação na Engenharia Sanitária e Ambiental, que formaram o grupo denominado por nós de “A Raça”, onde diferentes naturalidades se uniram em Florianópolis e formaram uma amizade muito harmoniosa com experiências singulares nos últimos anos.

A todos que participaram direta ou indiretamente desta caminhada, que muitas vezes mais parecia uma verdadeira maratona. Onde desafios eram lançados quase todos os dias, em função da peculiaridade de minha situação de graduação.

Ao meu “Anjo da Guarda”, considerado por mim como minha religiosidade, por me dar um pouco de fé e crença em energias otimistas que me impulsionam sempre a fazer o bem pela vida.

Ao Guilherme Farias Cunha, por ter me honrado com sua orientação, suas aulas na disciplina de Saúde Ambiental e um pouco de sua amizade, me oferecendo o privilégio de suas atenções e recomendações.

Aos professores do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC, com quem tive algum contato nas salas de aula e/ou fora delas, pelos ensinamentos oferecidos, pelas orientações, incentivos e ensinamentos.

O Netuno, Deus dos Mares, por sempre me proporcionar bons momentos de atividades físicas, como a prática do surfe, além de permitir intensas reflexões em momentos especiais.

A Universidade Federal de Santa Catarina e todos os seus servidores e colaboradores pela sua estrutura e pela sua grandiosidade.

RESUMO

Em função dos alarmantes números encontrados, em pesquisas e trabalhos realizados durante a universidade e nos estágios, sobre a situação do esgotamento sanitário no Brasil e especificamente no estado de Santa Catarina, surgiu a ideia de trabalhar esse tema tão importante e ainda tão desrespeitado no nosso país. Com estudos posteriores na elaboração dos Planos Municipais de Saneamento Básico de numerosos municípios de Santa Catarina, foi constatada a grande ausência dos serviços de esgotamento sanitário nas famílias catarinenses, especialmente nas regiões onde a predominância de residências é de condição rural. Assim, a vontade de lutar contra esses números e contra a falta de saneamento no país, além da necessidade de mudar um pouco do meio que estamos inseridos, fez surgir a proposta de agrupar materiais existentes e gerar informação a partir de fatos já existentes. Portanto, um Manual Simplificado de Esgotamento Doméstico apresentando Práticas Ambientais, será o produto principal no final deste trabalho de conclusão de curso e servirá de material informativo para ser divulgado por meio dos veículos de comunicação de algumas instituições pertinentes ao assunto, do estado de Santa Catarina, como UFSC, FUNASA, SDS e EPAGRI.

Palavras-chave: Manual Simplificado; Saneamento Básico; Biodigestor Anaeróbio; Efluentes Líquidos.

ABSTRACT

Due to the alarming numbers found in researches and works performed during college and internships, on the situation of sanitation in Brazil and specifically in the State of Santa Catarina, became the idea of working this issue, so important and still so disrespected in our country. In further studies, during the elaboration of Municipal Sanitation Plans of numerous municipalities in Santa Catarina, a great absence of sewage services in homes of Santa Catarina, especially in residences located in rural regions has been found. Thus, the will to fight against these numbers and against the absence of sanitation in the country, besides the need to change a little the environment we are in, raised the proposal to group existing materials and generate information from existing facts. Therefore, a Simplified Sanitation Manual presenting Environmental Practices is the main product at the end of this work and will provide educational information to be disseminated through communication channels of some relevant institutions on the subject in the state of Santa Catarina such as UFSC, FUNASA, SDS and EPAGRI.

Keywords: Simplified Manual; Basic Sanitation; Anaerobic Biodigester; Wastewater.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variação da Massa Específica com a Temperatura.....	37
Tabela 2 - Variação do Módulo de Elasticidade com a Temperatura. ..	39
Tabela 3 - Variação do Coef. de Viscosidade Dinâmica com a Temperatura.....	40
Tabela 4 - Variação do Coef. de Viscosidade Cinemática com a Temperatura.....	41
Tabela 5 - Variação do Coef. de Solubilidade de gases com a Temperatura.....	43
Tabela 6 - Participação dos gases na atmosfera.....	44
Tabela 7 - Tensões de Vapor em variadas Temperaturas.....	45
Tabela 8 - Características Físicas dos Esgotos.....	46
Tabela 9 - Características Químicas dos Esgotos.....	50
Tabela 10 - Composição dos Esgotos Domésticos.....	52
Tabela 11 - Inconvenientes do Lançamento de Esgotos <i>in natura</i>	53
Tabela 12 - Características Biológicas dos Esgotos.....	55
Tabela 13 - Riscos oferecidos pelos microorganismos patógenos.....	57
Tabela 14 - Tipos de doenças relacionadas com os dejetos.....	59
Tabela 15 - Material necessário para a construção.....	73
Tabela 16 - Ferramentas Mínimas Necessárias.....	74
Tabela 17 – Parâmetros relacionados na Resolução 357/05 do CONAMA.....	134
Tabela 18 – Parâmetros analisados na Qualidade da Água do Sistema de Tratamento de Efluentes Líquidos com Zona de Raízes e Piscicultura.....	135
Tabela 19 – Comparação das análises com a legislação.....	136

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Índice de Atendimento – Serviços de Água.....	14
Figura 2 – Índice de Atendimento – Serviços de Esgotamento Sanitário.	14
Figura 3 – Índice de Atendimento – Coleta de Resíduos Sólidos.	15
Figura 4 – Índice de Atendimento – Serviços de Drenagem Urbana. ...	15
Figura 5 – Transmissão de doenças.....	58
Figura 6 - Esquema da Fossa Séptica Biodigestora.....	75
Figura 7 - Esquema Ampliado da Fossa Séptica Biodigestora.....	75
Figura 8 - Perfil do Sistema de Fossa Biodigestora.	76
Figura 9 - Desenho esquemático do Filtro de Areia (Última caixa da Fossa Biodigestora, projetada para a remoção da matéria orgânica).....	78
Figura 10 - Esquema de uma Fossa Biodigestora.	79
Figura 11 – Localização do Sistema em Santo Amaro da Imperatriz. ..	81
Figura 12 - Santo Amaro da Imperatriz e as Rodovias de acesso.	82
Figura 13 - Estrutura convencional de uma fossa séptica prismática de câmara única. Fonte: Filho e Feitosa (2002).	101
Figura 14 - Privada com Fossa Seca e Privada com Fossa Seca Ventilada.	111
Figura 15 - Localização da Fossa Seca.	111
Figura 16 - Escavação da Fossa.	112
Figura 17 - Formatos da abertura da vala para construção da Fossa. ...	113
Figura 18 - Base e Piso de Madeira para Privada.....	114
Figura 19 - Laje de Concreto para Piso de Privada (medidas em “cm”).	114
Figura 20 - Casinha pré-fabricada em Placas de Cimento.....	116
Figura 21 – Apresentação de um Círculo de Bananeiras.....	120
Figura 22 – Desenho em Corte de um Círculo de Bananeiras.....	121
Figura 23 – Desenho em Vista Superior de um Círculo de Bananeiras.	121
Figura 24 - Santo Amaro da Imperatriz.....	130

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1 - Esquema real de uma Fossa Biodigestora.....	79
Imagem 2 - Casas atendidas pelo Sistema de Tratamento de Efluentes Líquidos.	83
Imagem 3 - Aguapé (<i>Eichhornia crassipes</i>) do próprio sistema em Santo Amaro da Imperatriz.Fonte: FILHO, 2010.	87
Imagem 4 - Aguapé (<i>Eichhornia crassipes</i>), no ambiente natural.....	88
Imagem 5 - Aguapé (<i>Eichhornia crassipes</i>), detalhe das Raízes.	88
Imagem 6 - Região de Estuário.....	89
Imagem 7 - Lebiste (<i>Poecilia reticulada</i>).	90
Imagem 8 - Cabomba (<i>Cabomba caroliniana</i>).	91
Imagem 9 – Primeiro Módulo do Tratamento de Efluentes.	104
Imagem 10 – Segundo Módulo do Tratamento de Efluentes.	105
Imagem 11 – Terceiro Módulo do Tratamento de Efluentes.	106
Imagem 12 – Quarto Módulo do Tratamento de Efluentes.....	107
Imagem 13 – Buraco de tratamento, com madeiras, galhos e palhas..	122
Imagem 14 – Tubos de transporte da água cinza ao buraco de tratamento.	123
Imagem 15 – Pequenas Bananeiras crescendo após o plantio.....	124
Imagem 16 – Sistema bem executado.....	125

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	22
2.1. OBJETIVO GERAL	22
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
3. JUSTIFICATIVAS.....	23
3.1. ARGUMENTO CIENTÍFICO	23
3.2. ARGUMENTO POLÍTICO.....	24
3.3. ARGUMENTO SOCIAL.....	25
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	27
4.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO	27
4.2. LEGISLAÇÃO ENVOLVENDO SANEAMENTO	28
4.3. CARACTERIZAÇÃO DO ESGOTO	32
4.3.1. Esgotamento Sanitário	32
4.3.2. Esgotos Domésticos.....	34
4.3.3. Características Físicas.....	36
4.3.4. Características Químicas	48
4.3.5. Características Biológicas	55
4.4. CARACTERIZAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DE ESGOTAMENTO DOMÉSTICO IDENTIFICADAS PARA O TRABALHO	62
4.4.1. Tanque Séptico Biodigestor.....	62
4.4.1.1. Contexto do Tratamento de Efluentes Líquidos com Biodigestor Anaeróbio	63
4.4.1.2. Vantagens dos processos Anaeróbios.....	64
4.4.1.3. A fase da Hidrólise.....	65
4.4.1.4. A Acidogênese	66
4.4.1.5. A Acetogênese	66
4.4.1.6. A fase da Metanogênese	67
4.4.1.7. A Sulfetogênese	68
4.4.1.8. Aspectos Termodinâmicos	69
4.4.1.9. Fatores que afetam a Digestão Anaeróbia	70
4.4.1.10. Benefícios do Biogás gerado no Processo	71
4.4.1.11. Procedimentos Práticos	72
4.4.2. Tratamento de Efluentes Líquidos por Filtro Biológico com Zona de Raízes e Piscicultura para combate de Larvas de Mosquitos.....	80

4.4.2.1.	Contexto do Sistema de Tratamento de Efluentes Líquidos com Zona de Raízes e Piscicultura	82
4.4.2.2.	Componentes Biológicos do Sistema	86
4.4.2.3.	Qualidade da Água do Sistema.....	91
4.4.2.4.	Procedimentos Práticos	99
4.4.3.	<i>Privada com Fossa Seca (FUNASA)</i>	109
4.4.3.1.	Contexto do Sistema de Tratamento de dejetos sólidos composto por Privada com Fossa Seca	109
4.4.3.2.	Procedimentos Práticos	110
4.4.4.	<i>Círculo de Bananeiras</i>	119
4.4.4.1.	Contexto do Sistema de Tratamento de Efluentes com Círculo de Bananeiras.....	119
4.4.4.2.	Procedimentos Práticos	120
5.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	127
5.1.	IDENTIFICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DE ESGOTAMENTO DOMÉSTICO	127
5.2.	CONSTRUÇÃO DO MANUAL SIMPLIFICADO DE TECNOLOGIAS UNIFAMILIARES DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS	128
5.2.1.	<i>Tecnologias:</i>	128
5.2.2.	<i>Análise dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos:</i> ..	131
6.	DISCUSSÕES	134
6.1.	ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA	134
6.2.	CONSIDERAÇÕES PESSOAIS	138
6.3.	DIVULGAÇÃO DO TRABALHO.....	139
7.	CONCLUSÕES.....	141
7.1.	IDENTIFICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS	141
7.2.	MANUAL SIMPLIFICADO DE ESGOTAMENTO DOMÉSTICO RURAL ...	142
8.	REFERÊNCIAS.....	143
9.	APÊNDICE	154

1. INTRODUÇÃO

A Lei Federal nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007, que em seu primeiro artigo declara estabelecer as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico, estabelece também os “princípios fundamentais” que os serviços públicos de saneamento seguirão. Esses princípios, que abordam a universalização do acesso, assim como a integralidade das atividades, as disponibilidades de serviços, além de controle social, apresentam o eixo estrutural dessa lei, que foi considerada como um “Marco Regulatório” do saneamento brasileiro e uma grande ferramenta política para a profissão do Engenheiro Sanitarista e Ambiental.

Em seu Art. 3º, no primeiro inciso, a lei apresenta sua definição para “saneamento básico” considerando, resumidamente, ser o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, além da drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

Entendendo que o saneamento básico inclui medidas que visam a preservar ou modificar as condições do meio ambiente, com a intenção de prevenir doenças e promover a saúde pública, pode-se dizer que o sistema de saneamento básico de um município possui estreita relação com a sua população, além da comunidade a qual atende, sendo fundamental para a salubridade ambiental do município e para a qualidade de vida da população.

As figuras e textos logo abaixo ilustrarão alguns números sobre os serviços que compõem o saneamento básico no Brasil, serão expostas sobre a forma de gráficos.

Abastecimento de Água Potável:

São as atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e os respectivos instrumentos de medição.

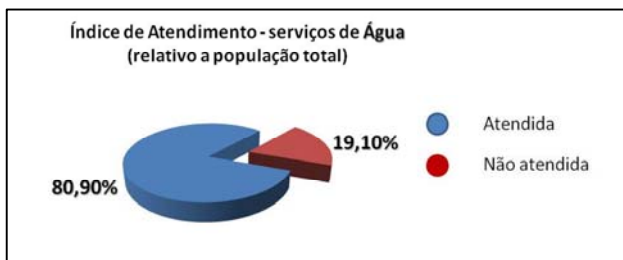


Figura 1 – Índice de Atendimento – Serviços de Água.
Fonte: Adaptado SNIS, 2007.

Esgotamento Sanitário:

São atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde ligações prediais até o seu lançamento no meio ambiente.

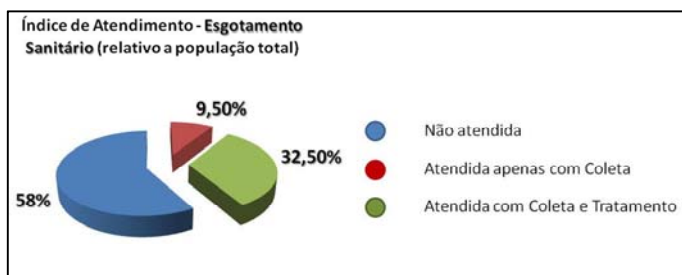


Figura 2 – Índice de Atendimento – Serviços de Esgotamento Sanitário.
Fonte: Adaptado SNIS, 2007.

Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos

São atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário de varrição e limpeza de logradouros e vias públicas. Neste caso, é importante salientar que a Lei 11.445 limita-se a traçar diretrizes aos resíduos domésticos, pois, em relação aos resíduos provenientes de serviços de saúde, resíduos industriais e comerciais, a responsabilidade é dos próprios geradores.

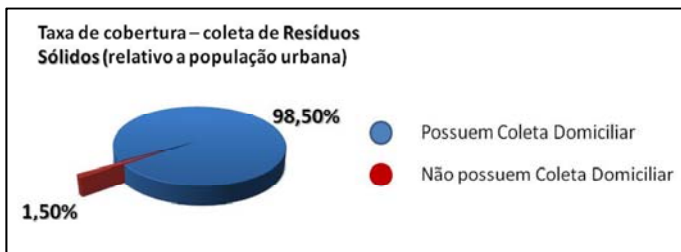


Figura 3 – Índice de Atendimento – Coleta de Resíduos Sólidos.

Fonte: Adaptado SNIS, 2007.

Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas:

São atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção, para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

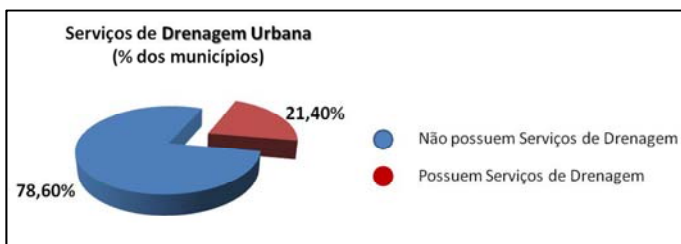


Figura 4 – Índice de Atendimento – Serviços de Drenagem Urbana.

Fonte: Adaptado IBGE, 2000.

Portanto, o planejamento e a gestão adequada desse sistema concorrem para a valorização, proteção e gestão equilibrada dos recursos ambientais e tornam-se essenciais para garantir a eficiência desses serviços, em busca da universalização do atendimento em saneamento, além de permanecer numa situação de harmonia com o desenvolvimento local.

No que concerne às questões de planejamento em saneamento, há de se considerar aspectos relacionados à modalidade institucional de prestação do serviço, além de seu relacionamento com o usuário e o

controle operacional dos setores de água, esgoto, resíduos sólidos e drenagem urbana.

Foi estabelecido, pela Organização das Nações Unidas (ONU), que o ano de 2008 seria denominado como o “Ano Internacional do Saneamento”. Durante todo o ano, algumas mensagens foram dadas em suas correntes de informação, como as de que o saneamento é vital para a saúde, melhora a qualidade ambiental, que ele acentua o desenvolvimento social, é um bom investimento econômico, deve ser acessível e constitui direito de todos os cidadãos do planeta.

Porém, toda essa preocupação foi levantada em épocas tardias. Um exemplo disso é o fato de um país com mais de 500 anos, como o Brasil, ter uma lei que defende e direciona as ações em saneamento criada somente recentemente, no século XXI. As situações atuais evidenciam locais onde o planejamento e as ações têm de ser, em sua maioria, de remediação, onde obras estruturais são realizadas emergencialmente, em situações de sobrecarga nas estações de tratamento, ou barragens para conter grandes vazões e desenvolvimento de pequenas bacias urbanas de retenção hídrica, para se defender de enchentes. Não são ações de prevenção, de planejamento anterior à habitação, de análise de projetos e regularidade de locação como outras ações que, de certa forma, proporcionam uma melhor organização de um local onde se pretende habitar e viver junto a outras pessoas e inserido numa bacia hidrográfica de certa região com clima e relevo específicos.

Essa demora nas intenções de planejar o território para ocupação urbana acarretou problemas ainda maiores, como a necessidade de utilização de teorias e técnicas de Educação Ambiental por parte de todos os cidadãos do planeta terra.

Nesse contexto, pode-se expor que o homem evolui de maneiras e formas divergentes.

Um grupo seguiu um caminho protetor e defensor dos recursos naturais, que visa a prosperar a vida tanto na fauna quanto na flora terrestre, que é antitabagista, propõe comandantes governamentais com ideias que fomentam a proteção do “verde” terrestre ou mesmo a harmonia entre os povos, um caminho que estuda sobre os fenômenos naturais e procura entendê-los e caminhar paralelamente a eles, ou seja, não construir casas em locais inapropriados por questões de relevo e hidrografia, de maneira a enfrentá-los.

E existe também outro caminho seguido por aqueles que não se preocupam com o amanhã, que praticam atividades extrativistas, que poluem o ambiente e suas próprias casas com alimentos não saudáveis e com substâncias cancerígenas encontradas nos conservantes e sais usados no ramo de alimentação industrializada, um caminho que caça e causa destruição de nichos ecológicos e que leva à extinção de espécies de animais e desmatamento de grandes áreas florestais, para simplesmente aconchegar e reproduzir gado, ou mesmo para realizar imensas plantações, ou mesmo um caminho que não carregue informações de proteção da saúde ambiental e que realiza atividades de saneamento de maneira altamente poluidora dos corpos hídricos da bacia hidrográfica em que se insere.

Diariamente, mais de 2,5 bilhões de pessoas, no mundo todo, sofrem com a falta de acesso a saneamento melhorado (refere-se a qualquer instalação sanitária que, de maneira higiênica, separe os dejetos humanos do meio ambiente) e atualmente quase 1,2 bilhões de pessoas defecam ao ar livre, a prática sanitária de maior risco, segundo relatório divulgado pelo Programa Conjunto OMS/UNICEF de Monitoramento do Abastecimento de Água e Saneamento (UNICEF, 2008).

Globalmente, o número de pessoas que não têm acesso a uma fonte melhorada de água potável (significa que a fonte de água potável está protegida da contaminação fecal e química) desceu abaixo de um bilhão desde a primeira coleta de dados em 1990. Atualmente, 87% da população mundial tem acesso a fontes melhoradas de água potável, e, se forem mantidas as tendências atuais, até 2015, essa proporção vai superar os 90% (UNICEF, 2008).

O número de pessoas que, em todo o mundo, praticam a defecação ao ar livre, diminuiu de 24% ,em 1990, para 18%, em 2006. O relatório sublinha também as disparidades dentro das fronteiras nacionais, especialmente entre os moradores do campo e os da cidade (UNICEF, 2008).

No mundo, há quatro vezes mais pessoas que vivem em áreas rurais – aproximadamente 746 milhões – sem acesso a fontes de água melhoradas, se comparadas com os cerca de 137 milhões de moradores urbanos (UNICEF, 2008).

O saneamento deficiente ameaça a sobrevivência das crianças, dado que um ambiente contaminado por resíduos fecais está diretamente ligado às doenças diarréicas, uma das principais causas de morte de

crianças menores de cinco anos. É muito difícil garantir um ambiente limpo quando a defecação ao ar livre é praticada, mesmo que seja só por uma pequena parte da população (UNICEF, 2008).

“Se as tendências atuais se mantiverem, o mundo ficará aquém da meta do saneamento dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio para mais de 700 milhões de pessoas” afirmou Ann M. Veneman, Diretora Executiva da UNICEF. “Sem melhoramentos profundos, os prejuízos serão enormes.”

"Hoje em dia dispomos de uma variedade de opções técnicas de baixo-custo para proporcionar saneamento em quase todas as circunstâncias" afirmou a Dra. Margaret Chan, Diretora-Geral da OMS (Organização Mundial da Saúde). "Cada vez mais governos estão decididos a levar a água e o saneamento às suas populações mais carentes. Se quisermos romper o ciclo da pobreza, e colher os múltiplos benefícios para a saúde, temos de enfrentar a questão da água e do saneamento."

Sendo assim, fica evidente que as condições subumanas de vida produzem prejuízos à saúde humana e às perspectivas de sobrevivência infantil, miséria social principalmente entre mulheres, depressão da produtividade econômica e do desenvolvimento humano e poluição do ambiente e dos recursos hídricos.

Nos centros urbanos, onde tecnologias são desenvolvidas e a informação espalhada, nos mais variados ramos da ciência, muito suporte já é oferecido aos cidadãos, por parte das ações governamentais e das prefeituras, porém no campo a situação é diferente.

Sendo esta a importância para este trabalho, a de produzir algum material informativo voltado às pessoas que vivem em zona rural, que possuem uma menor ou quase inexistente infraestrutura de saneamento, principalmente de destinação adequada ao seu esgoto, para que elas possam sobreviver e se desenvolver de uma maneira ao menos mais sustentável, preocupando-se com o amanhã.

Essa importância se justifica pelo fato de ser o campo, também uma grande porção de terra afastada dos centros urbanos, mas onde vivem milhões de pessoas, ou melhor, um grande percentual da população.

Muitos não possuem escolaridade, ou mesmo algum tipo de comunicação com os grandes centros e assim, o campo torna-se um ambiente mais propício a ações realizadas pelo próprio impulso e instinto das pessoas, muitas vezes desprovido de conhecimento técnico. Certamente

isso ocorre no contexto do saneamento de suas regiões afastadas dos grandes centros urbanos.

Na zona rural, geralmente os processos produtivos são mais rudimentares, assim como as maneiras de conviver com os próprios despejos e resíduos, pois nessa região a educação ambiental nem sempre é parte integrante da formação social dos habitantes da região, fato exemplificado nos dados da UNICEF, onde milhões de pessoas defecam ao ar livre, expondo os contaminantes patogênicos a outras pessoas, além de despejar cargas orgânicas prejudiciais à qualidade das águas que recebem tais despejos.

Nesse contexto, Matulja (2009) citou no seu trabalho que, no cenário nacional, os dados são igualmente alarmantes. O Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto do ano de 2005, documento do Ministério das Cidades que envolve também o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), revela que, embora a população brasileira atendida por abastecimento de água seja de aproximadamente 96%, somente 42,6% possuem seus esgotos coletados e 33,6% são tratados antes de serem infiltrados ou lançados em algum corpo d'água (BRASIL, 2007).

Ainda essa pesquisa apresenta que o volume de água produzido naquele ano foi de aproximadamente 13,4 bilhões de metros cúbicos e que o índice médio brasileiro de “perdas”, é de 39% (perdas no sistema de abastecimento de água podem ocorrer tanto na estrutura física, por meio de vazamentos, quanto administrativamente no gerenciamento e na forma de ligações irregulares).

Com base nesses dados, pode-se estimar que uma carga poluidora de aproximadamente 5,4 bilhões de metros cúbicos de esgoto doméstico foi disposta ao ambiente sem nenhum tratamento no ano 2005, o suficiente para encher um pouco mais de dois milhões de piscinas olímpicas (com padrões de dimensões, ou melhor, 50x25x2(m)). Ou seja, o que se apresenta mais defasado de investimentos e ações estruturais no sistema de saneamento brasileiro são os serviços de Esgotamento Sanitário, tanto na parte mais urbanizada quanto nas zonas rurais dos estados. Principalmente no estado de Santa Catarina, que dispõe para seus cidadãos uma cobertura de apenas 12% no serviço de Coleta do Esgoto (SNIS, 2005), ficando apenas atrás do estado nordestino do Piauí, ou seja, um dado alarmante que antecipa a explicação de o porquê dos cor-

pos hídricos catarinenses estarem quase em sua maioria, em estados inadequados quanto à potabilidade de suas águas.

O que se observa é que o Brasil possui uma trajetória de abandono com relação ao saneamento. Apesar de estar previsto na Constituição Federal de 1988, o vazio regulatório prejudica a prestação dos serviços e os investimentos e pode ser considerado um dos fatores de dissociação entre a importância do saneamento e a qualidade de vida, produzindo uma cultura de negligência social (BRASIL, 2006). Esse abandono começou a dar espaço às preocupações e ações de melhorias no setor, quando, em 2007, a União utilizou-se de seu tempo de trabalho para editar e aprovar a Lei nº 11.445, que foi sancionada em 05 de janeiro desse mesmo ano e apresentada no início deste trabalho.

O contexto científico deste trabalho envolve a elaboração dos Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) no estado de Santa Catarina (SC), em que há uma defasagem em saneamento rural. O estado apresenta uma economia fortemente voltada à agroindústria e à pecuária, e se utiliza do seu campo e lavoura para ser um dos maiores produtores de porcos para abate do Brasil. Para alimentá-los, necessita ser um dos maiores produtores de milho, na região de planalto basáltico. Outros produtos como o fumo, a soja, a mandioca, o feijão e o arroz, a cebola, o alho, a maçã nas regiões mais frias, o trigo a uva e a cevada, fazem de Santa Catarina um dos maiores estados brasileiros, no que concerne à quantidade de habitantes na zona rural. E isso resulta, então, numa grande população gerando cargas poluentes nos cursos d'água catarinenses, que, em função do baixo atendimento dos serviços de esgotos, necessita maiores atenções, para estabelecer uma situação mais sustentável no estado como um todo.

O projeto TSGA (Tecnologias Sociais para Gestão da Água) é uma promoção conjunta da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Suínos e Aves) que, em parceria, desenvolvem este projeto com o patrocínio do Programa PETROBRAS-AMBIENTAL e sob a gestão financeira da Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária (FAPEU). O projeto tem como objetivo geral “aumentar a capacidade de gestão local de comunidades de bacias hidrográficas em Santa Catarina, através da disseminação e implementação de práticas de

produção e saneamento do meio rural como tecnologias sociais com vistas ao uso sustentável da água”.

Este é resultado da integração de experiências de instituições públicas catarinenses sobre tecnologias para o uso sustentável dos recursos hídricos e metodologias de planejamento e gestão de bacias hidrográficas em Santa Catarina, com enfoques em diagnóstico, avaliação, tratamento, prevenção e redução da poluição hídrica, bem como em modelos e estratégias de conservação da natureza, com a participação social. O projeto está sendo elaborado por alguns laboratórios do Departamento da Engenharia Sanitária e Ambiental e já conta com alguns resultados apresentados em seus relatórios parciais, no espaço virtual reservado para sua apresentação.

O Objetivo 3 do TSGA, que expõe sobre “Tecnologias sustentáveis para o saneamento básico rural”, é coordenado pelo Professor Paulo Belli Filho. O presente trabalho inclina-se a incluir intenções parecidas com as propostas desse Objetivo, ou seja, oferecer informações sobre tecnologias sustentáveis para o esgotamento rural. No Objetivo 3 ainda são apresentadas técnicas de tratamento de água, além de gerenciamento de resíduos domésticos, que não fazem parte deste trabalho. O que mais se aproxima, neste trabalho, dos exemplos de métodos de tratamento de esgoto no Objetivo 3, é o tratamento de efluentes como uso de macrófitas em tanques sépticos.

Assim, a preocupação em colaborar com um Manual simplificado, voltado à população da zona rural, apresentando práticas ambientais em saneamento, visando a colaborar com as pessoas desse estado, assim como a elaboração dos Planos Municipais de Saneamento Básico veio à tona quando foi percebida essa situação alarmante do Esgotamento Sanitário no estado de Santa Catarina, principalmente na zona rural.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O objetivo geral deste Trabalho de Conclusão de Curso é construir um material informativo, no formato de um Manual Simplificado, abordando o tema Saneamento Básico, valorizando a apresentação de tecnologias unifamiliares de saneamento.

2.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho de conclusão de curso se dividem em três eventos, que podem ser realizados simultaneamente e visam a abordar, como tema central, o setor de saneamento básico em Santa Catarina. Como parte de fundamental importância para a realização deste trabalho, a elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB), particularmente no estado de Santa Catarina, foi a âncora que fez aumentar ainda mais meu interesse sobre o setor de saneamento em nosso país.

Estes objetivos são, portanto:

- Identificar e apresentar as tecnologias unifamiliares de esgotamento doméstico a serem destacadas como produto do trabalho;
- Construir um Manual Simplificado de Tecnologias de Esgotamento Unifamiliar, para apresentar tecnologias de saneamento à população de zona rural e também à zona urbana;

3. JUSTIFICATIVAS

Na “Estrutura Cognitiva para o Processo de Pesquisa”, elaborada por Silva (2010), que apresenta um roteiro de elaboração para uma pesquisa, mostra em sua ETAPA 2: ESTADO DA ARTE no Fractal 2, uma ideia de como justificar um trabalho de pesquisa em torno de três argumentos: o Científico, o Político/Jurídico e o Social.

A seguir serão apresentadas, procurando seguir o caminho recomendado por Silva (2010), as justificativas para a realização deste trabalho de conclusão de curso.

3.1. Argumento Científico

Este trabalho tem como expectativa a ampliação dos meus conhecimentos e dos leitores, sobre as questões de saneamento do atual momento vivido pelos brasileiros, quanto a esse setor.

Existe uma expectativa de avanço e melhorias no conhecimento específico do assunto, portanto o tema do trabalho, Plano Municipais de Saneamento Básico (PMSB), foi por mim vivenciado diariamente, no ano de 2010, no desempenho do trabalho como estagiário na empresa MPB-Engenharia, que está realizando a elaboração de PMSB em 24 municípios catarinenses com menos de 10.000 habitantes, denominado de LOTE 2. Esses municípios estão passando por todos os processos da elaboração, com a fase de diagnóstico; o prognóstico; as reuniões, oficinas e a interessante parte da participação popular, através de Audiências Públicas. Todas essas situações são exigidas no Termo de Referência, documento que norteia todas as ações do grupo e estabelece as diretrizes do trabalho.

As práticas da Engenharia Sanitária e Ambiental abordam seguramente a execução dos Planos, que dependem de um corpo muito grande de profissionais, envolvidos para a sua elaboração: engenheiros civis, geógrafos e advogados e, claro, engenheiros sanitaristas e ambientais.

No Artigo 8º Do Código de Ética Profissional do Engenheiro, dos Princípios Éticos, em seu inciso I, é exposto o objetivo de que a “*profissão é bem social da humanidade e o profissional é o agente capaz de exercê-la, tendo como objetivos maiores a preservação e o desenvolvimento harmônico do ser humano, de seu ambiente e de seus valores*” (CREA, 2002). Portanto, a necessidade de apresentar boas respostas ao público que questiona um profissional, é uma grande ideia a ser seguida

na sua vida, ou seja, desenvolver o grupo humano e o ambiente em que se insere.

Para ser mais incisivo nos porquês deste trabalho ter uma proposta de divulgar e compartilhar um pouco de conhecimento, apresento o Artigo 9º do mesmo documento do Código de Ética Profissional que em seu inciso I, “a)” expõe nos Deveres da Profissão, a necessidade de “*oferecer seu conhecimento para o bem da comunidade*” (CREA, 2002).

3.2. Argumento Político

Exigidos pela Política Nacional de Saneamento, a Lei 11.445 de 05 de janeiro de 2007, os Planos Municipais de Saneamento Básico são elaborados como patrimônio das próprias prefeituras que recebem as propostas e ações. Após a realização da última Audiência Pública, o Plano segue para a Câmara de Vereadores na cidade para se tornar um Projeto de Lei. Após esse processo, o município que tiver realizado o Plano, além de ser priorizado, estará “condicionado” a receber verbas da União e do Governo para as ações de saneamento. O termo entre aspas explicita que é realmente uma condição, para receber verbas, ter o Plano elaborado. A Política Nacional explicita isso em seus artigos. Também é necessário estabelecer sistema de informações sobre os serviços, articulado com o Sistema Nacional de Informações em Saneamento, para que a população e os prestadores de serviços acompanhem o andamento das ações.

A Lei do saneamento foi seguida de um Decreto de número 7.217 de 21 de Junho de 2010, que regulamenta e estabelece normas para sua execução. Como por exemplo, a ratificação de que os Planos deverão ser revistos num prazo máximo de quatro anos.

A Política Nacional de Recursos Hídricos, na forma da Lei nº 9.433/97, tem como objetivo garantir a seguridade hídrica dos cidadãos brasileiros, assegurando “à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” (Art. 2º o, inciso I), instituindo a água como um bem de domínio público e um recurso natural limitado (Art. 1º o, incisos I e II). Para que a utilização dos recursos hídricos pela sociedade possa ser sustentável, faz-se necessária a existência de saneamento capaz de reintroduzir no ciclo hidrológico águas residuárias provindas das mais diversas fontes, em níveis aceitáveis, ou regulamentados pela legislação específica vigente (BRASIL, 1997).

Frente à incapacidade dos sistemas convencionais de saneamento dos esgotos domiciliares, incapazes de tratar total e eficientemente o crescente volume produzido pelas cidades, somado à precária situação ou ausência de saneamento em áreas periurbanas, rurais ou de difícil acesso, é urgente que se estabeleça o uso de tecnologias alternativas, substituindo ou complementando tais sistemas.

De acordo com a Política Nacional de Saneamento Básico, Lei no 11.445/07, são princípios fundamentais a “adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais”, assim como a “utilização de tecnologias apropriadas, considerando a capacidade de pagamento e adoção de soluções graduais e progressivas” (Art. 2o, incisos V e VIII) (BRASIL, 2007). Contudo, tais ações necessitam de políticas públicas que estabeleçam diretrizes e meios institucionais para colocar essas ações de saneamento em prática, também em nível municipal.

A descentralização do saneamento torna-se uma urgente medida para o desenvolvimento sustentável da sociedade, utilizando-se tecnologias alternativas (PHILIPPI, 2001), tendo, como exemplo, sanitários compostáveis, além de outras soluções individuais familiares. Por serem tecnologias de baixo custo, são socialmente viáveis.

3.3. Argumento Social

Aqui, tenta-se esclarecer a relação de utilidade prática e imediata deste trabalho para com uma realidade específica da sociedade.

A população da Zona Rural, historicamente, mostrou-se carente de informações técnicas, pois em sua maioria, crescem e passam a vida toda sem dali se mudar para grandes cidades (zona urbana), e acabam desenvolvendo atividades e meios próprios de se relacionar com o meio ambiente. Por estarem longe dos centros urbanos que concentram as grandes escolas e universidades, é que me inclino a oferecer um pouco do conhecimento adquirido no curso estudado, principalmente pelo fato de ter sido um estudo de ensino público.

Portanto, é o intuito de levar a essa população um pouco do conhecimento científico adquirido ao longo dos anos de estudo da Engenharia Sanitária e Ambiental que embasa a proposta deste trabalho.

Em muitas oportunidades, ouve-se falar em questões ambientais e sustentáveis, ou seja, que tentam garantir às gerações futuras as mesmas características do ambiente vivido hoje, para o saneamento. Um tema

que vem sendo abordado inclusive no Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC, o ENS, através de uma disciplina optativa lecionada pelo Professor Paulo Belli Filho, é o “Saneamento Rural” que aborda as questões do saneamento nas áreas rurais. Esse tema foi que deu abertura para a proposta deste trabalho, pois as questões de Esgotamento Sanitário, além de Abastecimento de Água, são tratadas de maneira pontual e direcionada a essa população dos campos. São abordadas questões como Aproveitamento de Água de Chuva, Compostagem da Matéria Orgânica, técnicas ambientais de esgotamento e tratamento, além de outras.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Contextualização do Esgotamento Sanitário

Matulja (2009) citou que a Organização Mundial da Saúde (OMS) fornece o conceito mais difundido de saneamento, que o define como o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre seu bem estar físico, mental e social (OLIVEIRA, 2003).

A OMS explicita a relação entre a definição de saúde pública e o saneamento *“saúde pública é a ciência e a arte de prevenir doença, prolongar a vida e promover saúde e eficiência física e mental, através esforços organizados da comunidade para o saneamento do meio...”* (BRASIL, 2005).

Para Souza et al. (2007), o saneamento possui duas dimensões: i) a preventista, como intervenção de engenharia e educação ambiental para colocar obstáculos à transmissão de doenças e garantia da salubridade ambiental e ii) promocional da saúde, como intervenção multidimensional (física, social, econômica, política e cultural) no ambiente, voltada para ações integradas que sustentem e adaptem ao contexto local os sistemas de engenharia, articulando os setores da sociedade para o seu fortalecimento.

Segundo Matulja (2009, p.14) citou *“Entretanto, conta-se hoje com outros conceitos que consideram uma complexidade mais apurada ao tema; seja em abrangência ou mesmo em termos técnicos. Assim, surgem terminologias complementares como Saneamento Ambiental e Saneamento Básico”*.

A autora complementa a essa contextualização um termo ainda pouco difundido, porém bem pertinente às atividades relacionadas a esse setor, o conceito de “Saneamento Ambiental”. Surgiu nos anos 1970, com a necessidade de incorporar a problemática ambiental ao debate de instituições governamentais e da sociedade civil, englobando o conceito de Saneamento Básico e fornecendo-lhe uma maior abrangência (BRASIL, 2005). Adiante, esse termo será melhor explicado.

O conceito de “Saneamento Ambiental” possui uma abrangência que, historicamente, foi construída com o objetivo de alcançar níveis crescentes de salubridade ambiental, compreendendo o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, o manejo de resíduos sólidos urbanos, o manejo de águas pluviais urbanas, o controle de vetores, a disciplina de

ocupação e uso do solo, a fim de promover a melhoria das condições de vida urbana e rural. Dentro desse conceito mais amplo, um recorte cada vez mais utilizado para uma parte do Saneamento Ambiental é a classificação de Saneamento Básico, que envolve os sistemas e serviços para o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, a limpeza pública ou manejo dos resíduos sólidos e o manejo de águas pluviais (BRASIL, 2006).

Matulja (2009, p. 15) ressalta: “[...] *entretanto, alerta-se que embora o conceito de saneamento tenha ganhado maior abrangência ao longo das épocas, a noção de sua importância enquanto medida fundamental de saúde pública, e assim relacionada à salubridade ambiental, foi enfraquecida, tendo assumido uma característica predominantemente infraestrutural* (BRASIL, 2005). Nesse ponto, OLIVEIRA (2003) apresenta a ideia de que o sistema de Saneamento Básico não pode ser visto sem integrar a Educação Sanitária e Ambiental envolvendo temas ecológicos de preservação dos recursos hídricos, dos ecossistemas, e dos sistemas controladores da higiene e saúde da população”.

4.2. Legislação envolvendo Saneamento

Em termos legais no nível federal, o conceito utilizado é o de “Saneamento Básico”. A Lei 11.445 de 05 de Janeiro de 2007 o conceitua esse termo de grande importância para a nossa profissão em seu 3º Artigo, após ser apresentada em seu 1º Artigo, como quem estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico.

Art. 3o Para os efeitos desta Lei, considera-se:
I - saneamento básico: conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:
a) abastecimento de água potável: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição;
b) esgotamento sanitário: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as

ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente;

c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas;

d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas; (BRASIL, 2007).

Art. 17. A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimento de atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, bem assim os empreendimentos capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento do órgão estadual competente integrante do Sisnama, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis.

§ 1º Caberá ao Conama fixar os critérios básicos, segundo os quais serão exigidos estudos de impacto ambiental para fins de licenciamento (BRASIL, 2007).

O 225º artigo da Constituição Federal Brasileira de 1988 dispõe sobre o direito à salubridade ambiental: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.”

De maneira análoga, no 30º artigo, a Constituição Federal impõe a obrigatoriedade funcional de gestão dos serviços essenciais aos municípios: “Compete ao município organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local...”

Matulja (2009) citou que a Constituição Federal determina em seu artigo 200º, inciso IV, ser atribuição do Sistema Único de Saúde (SUS) participar da formulação da política e de execução das ações do saneamento. Reforçando então, a ligação entre as ações de saneamento básico e saúde pública. A Lei Federal 11.445/2007 aponta fundamentos que indicam o saneamento básico como um direito comum dos cidadãos. A universalização é um desses fundamentos e garante a ampliação progressiva do acesso de todos os domicílios ocupados ao saneamento básico. Além disso, os princípios fundamentais dessa lei, que é considerada por muitos como um marco regulatório no saneamento brasileiro, citam a adequação dos serviços de saneamento à saúde pública.

A partir de 2001, o planejamento das cidades ganhou um novo rumo com a aprovação da Lei Federal 10.257, que instituiu o Estatuto das Cidades. Matulja (2009, p. 22) citou também que *“Palavizini (2006), aponta que com o marco regulatório, o planejamento e gestão municipal foram estruturados de forma a incluir dois novos conceitos: o desenvolvimento sustentável e a inclusão social no direito à cidade e no próprio processo de planejamento e gestão”*.

Dessa maneira, destaca-se que o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) surge para valorizar, proteger e realizar a gestão equilibrada dos recursos ambientais municipais, assegurando a sua harmonização com o desenvolvimento local e setorial através da economia do seu emprego e racionalização dos seus usos. O Plano Municipal de Saneamento Básico deve buscar atender a princípios básicos, os quais deverão ser discutidos e acordados com a sociedade (BRASIL, 2006).

Portanto, seguindo o raciocínio apresentado até então, após apresentadas as abordagens do tema principal do trabalho, que são os PMSB, podem-se voltar às atenções ao Esgotamento Sanitário. No livro *“Saneamento Básico no Brasil: Aspectos Jurídicos da Lei Federal nº 11.445/07”* (MOTA, 2010), Vinícius Marques de Carvalho diz que *“o serviço de esgotamento sanitário é o menos estruturado nos municípios brasileiros. No Brasil, segundo a PNSB (Pesquisa Nacional de Saneamento Básico), apenas 33,5% do número total de domicílios recenseados são atendidos por rede geral de esgoto. A proporção dos municípios que têm apenas serviço de coleta supera a proporção daqueles que coletam e tratam esgoto (32% e 20,2% respectivamente). Além disso, os resultados revelam um quadro marcante de desigualdades regionais. O atendimento chega ao seu nível mais baixo na região Norte, onde apenas*

2,4% dos domicílios são atendidos, seguida da região Nordeste (14,7%), Centro-Oeste (28,1%) e Sul (22,5%). A região Sudeste apresenta o melhor atendimento, mesmo assim, ele cobre apenas um pouco mais da metade dos domicílios da região (53%) e, mesmo nessa região, somente um terço deles apresenta condição adequada de esgotamento sanitário”.

Portanto, o autor deixa claro que o sistema de Esgotamento Sanitário é uma grande deficiência em nosso país. Santa Catarina é um dos piores estados nesse quesito, ficando apenas atrás do Piauí (Trata Brasil, 2009) – com a grande maioria dos seus corpos hídricos já poluídos em função da falta de planejamento e ações públicas nesse setor do saneamento. Esse fato opõe-se ao 1º artigo da Política Nacional dos Recursos Hídricos, a Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que defende, em seu 5º inciso, que “a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades”. Ou seja, também é dever do cidadão cuidar dos recursos hídricos e não desenvolver atividades impactantes e poluentes, sem se preocupar com o amanhã.

Para que minha pesquisa tenha fundamentação teórica, procurarei seguir, de maneira simples, os três instrumentos que compõem uma etapa de iniciação da pesquisa, proposto na Tese de Doutorado de Daniel José da Silva, “Uma abordagem cognitiva ao planejamento estratégico do Desenvolvimento Sustentável” (1998), que são a fase exploratória¹, a definição do tema² e a colocação dos problemas³.

1. Define-se o campo social da pesquisa, os interessados e um diagnóstico inicial identificando os principais atores; os objetivos e os problemas concretos da realidade, situação que se pretende estudar ou resolver;

2. Aprofunda-se a questão do problema concreto a ser estudado e para o qual se buscará uma possível solução ou entendimento;

3. Associar os temas da pesquisa à problemática social mais ampla na qual estão inseridos pode-se trabalhar cenários futuros considerando a solução dos problemas.

4.3. Caracterização do Esgoto

4.3.1. Esgotamento Sanitário

Para entender melhor esse delicado assunto, é necessário primeiramente expor definições sobre esse termo e seus derivados. A Lei Federal nº 11.445 de cinco de janeiro de 2007 (BRASIL, 2007), expõe um termo como sendo uma espécie do saneamento, denominado “Esgotamento Sanitário” e explica em seu Artigo 3º, inciso I e alínea “b)”, que este é constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente.

A NBR 9648 (ABNT, 1986) descreve esgoto sanitário como um despejo líquido constituído de esgotos domésticos e industriais (que pela mesma norma, são líquidos resultantes dos processos industriais, respeitados os padrões de lançamento estabelecidos), água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária. Essa mesma norma define ainda esgoto doméstico, além de água de infiltração, por ser toda água proveniente do subsolo, indesejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações e da contribuição pluvial parasitária como a parcela do deflúvio superficial inevitavelmente absorvida pela rede de esgoto sanitário.

O esgoto industrial, considerado como parcela do esgoto sanitário, deve ser quantificado diretamente na medição do efluente da indústria, quando significativamente maior do se poderia esperar da área urbana ocupada pela indústria. Nesse caso, essa contribuição é considerada como singular ou concentrada em um trecho da rede coletora. Caso contrário, não será singularmente computada, pois já está incluída na taxa per capita. Outras contribuições como de escolas, hospitais ou quarteis são tratadas igualmente como singulares, quando significativas (NUVOLARI, 2003).

A água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária, ambas inevitáveis parcelas do esgoto sanitário, chegam às canalizações: a primeira, por percolação no solo fragilizado pela escavação da vala, otimizada pela superfície externa do tubo, por onde escoam até encontrar uma falha que permita sua penetração na tubulação. Ocorrem principalmente quando o nível do lençol freático está acima da cota de assentamento dos tubos, o que deve ser verificado ao se considerar a respectiva taxa de contribuição. A segunda, por penetração direta nos tampões de poços de

vista, ou eventuais aberturas, ou ainda pelas áreas internas das edificações e escoam para a rede coletora, ocorrendo por ocasião das chuvas mais intensas com expressivo escoamento superficial (NUVOLARI, 2003).

Após a implantação de uma rede coletora e um tratamento adequado para os efluentes ligados a essa rede, obtêm-se melhorias nas condições sanitárias locais, a eliminação de focos de poluição e contaminação, a conservação dos recursos hídricos, diminuição de doenças causadas por água contaminada por dejetos humanos, redução dos recursos aplicados no tratamento dessas doenças, pois grande parte dessas está relacionada com a falta de uma solução adequada de esgotamento sanitário. Um adequado tratamento e destinação dos efluentes domésticos levariam também a uma diminuição dos custos no tratamento de águas para abastecimento, entendendo que muitas dessas poderiam ter sido poluídas em seus mananciais, devido a uma má gestão dos esgotamentos sanitários.

Os dejetos humanos podem ser veículos de germes patogênicos de diversas doenças, dentre elas as diarreias infecciosas, a febre tifóide e paratifóide, a amebíase, aniclostomíase, teníase, esquistossomose, além de ascaridíase e outras. Torna-se definitivamente indispensável, então, afastar as possibilidades do contato dos dejetos com o homem, as águas de abastecimento, os vetores e os alimentos.

O que tem sido observado, tanto em números estatísticos, quanto em notícias e notas de jornais, é que, em virtude da falta de medidas práticas de saneamento e de educação sanitária, um grande percentual da população, tanto rural quanto urbana, tende a lançar seus dejetos diretamente sobre os corpos hídricos, ou simplesmente no solo, criando situações favoráveis a transmissão das doenças relacionadas logo acima. Essa inadequação de despejos, também promove outros malefícios como insalubridade de convivência em um grupo de moradores, causada pelo mau cheiro do local de despejos, além da comprovação da falta de informação e conhecimento técnicos sobre a seriedade do assunto.

Em casos onde a população reside em zonas rurais em que a rede coletora não chega a passar nas proximidades das residências ou mesmo, que não exista na região, é necessária para uma adequação dos padrões de lançamento, ou simplesmente uma questão de saúde, que sejam adotadas soluções individuais de tratamento do efluente doméstico para cada residência.

No que tange ao aspecto sanitário, o destino adequado dos dejetos humanos tem, como fundamento, o controle e a prevenção (sendo esses dois, termos de grande importância nesse assunto) de doenças a eles relacionadas. Tais soluções de adequação do serviço têm alguns objetivos como: evitar a poluição do solo e dos mananciais de abastecimento de água; evitar o contato de vetores com as fezes; propiciar hábitos mais higiênicos na população; e promover o conforto e atender o senso estético (FUNASA, 2006).

Ainda levantando informações sobre o esgotamento sanitário, as importâncias econômicas citadas pela FUNASA (2006) indicam que a falta de saneamento, seguida das doenças infecciosas e parasitárias ocasionadas pela inadequação de sua disposição final, pode levar o homem a inatividade ou mesmo reduzir sua potencialidade para o trabalho. Dessa forma, há de se considerar alguns aspectos, pela melhoria dos serviços desse setor: aumento da vida média do homem, pela redução da mortalidade infantil e adulta em consequência da redução dos casos de doenças; diminuição das despesas com o tratamento de doenças evitáveis; redução do custo do tratamento da água de abastecimento, pela prevenção da poluição dos mananciais; controle da poluição das praias e dos locais de recreação com o objetivo de promover o turismo; e preservação da fauna aquática, especialmente os criadouros e viveiros de peixes.

4.3.2. Esgotos Domésticos

O esgoto doméstico é aquele que provém principalmente de residências, estabelecimentos comerciais, instituições ou quaisquer edificações que dispõem de instalações de banheiros, lavanderias e cozinhas. Compõem-se essencialmente de água de banho, excretas, papel higiênico, restos de comida, sabão, detergentes e águas de lavagem (FUNASA, 2006). A NBR 9648 (ABNT, 1986), assim como a NBR 7229 (ABNT, 1993) complementam, paralelamente, com palavras mais sucintas esta definição, como sendo “despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas”.

Uma complementação da definição de esgoto doméstico vem da bibliografia de NUVOLARI (2003), apresentando que é gerado a partir da água de abastecimento e, portanto, sua medida resulta da quantidade de água consumida. Esta é geralmente expressa pela “taxa de consumo per capita”, variável segundo hábitos de consumo e costumes de cada

localidade. É usual uma taxa de 200 L/hab.dia, mas em grandes cidades de outros países de essa taxa de consumo chega a ser de três a quatro vezes maior, resultando num esgoto mais diluído, já que é praticamente constante a quantidade de resíduo produzido por pessoa. O autor complementa a ideia somando que seria óbvio dizer que as vazões escoadas de esgoto serão maiores nesse caso de maior taxa. Também diz que, mesmo no Brasil, há capitais de estados que utilizam taxas maiores do que aquela no dimensionamento dos seus sistemas, ou parte deles. Porém, em outros casos, são usadas taxas bem menores.

A taxa per capita de água inclui uma parcela de consumo industrial relativo às pequenas indústrias disseminadas na malha urbana e também um percentual relativo às perdas do sistema de distribuição. Essas águas não chegam aos domicílios e não compõem o esgoto doméstico produzido. Por isso, a taxa individual a ser considerada no sistema de esgoto, deve ser a taxa de consumo efetivo, bem menor que a taxa de distribuição (NUVOLARI, 2003).

As fezes humanas são compostas de restos de alimentos ou mesmo, dos alimentos não transformados pela digestão, sendo também parte deste composto, as proteínas, albuminas, gorduras e hidratos de carbono. Além destes, muitos sais e uma gama de microorganismos também estão presentes nas excretas.

Já na urina, são eliminadas algumas substâncias como a uréia, resultantes das transformações químicas de compostos nitrogenados. As fezes e principalmente a urina contém grande porcentagem de água, além de matéria orgânica e inorgânica.

Nas fezes, encontra-se cerca de 20% de matéria orgânica, enquanto na urina 2,5% (FUNASA, 2006). Além dessa, outras literaturas apresentam dados e informações que se repetiram, estas indicavam que as características do esgoto se davam em função dos usos à qual foi submetido e que variavam com o clima, situação social e econômica, além dos hábitos da população. Outra maneira de demonstrar os componentes dos esgotos domésticos foi levantada em leituras paralelas, indicando que sua formação era composta de 98% de água e 2% de sólidos. Sendo composição das excretas também, Sólidos Suspensos, Sólidos Dissolvidos, Matéria Orgânica, Nutrientes (Nitrogênio e Fósforo) e a parte mais peculiar da composição das excretas, são os Organismos Patógenos ou Patogênicos (também denominados Agentes Infecciosos ou Agentes Etiológicos Animados) que são capazes de produzir doenças

infecciosas em seus hospedeiros que são outros organismos vivos como as plantas e os animais e nas fezes estão presentes Vírus, Bactérias, Helmintos e Fungos.

Análises físicas e químicas feitas em laboratório, quando possuem amostras representativas, podem estudar outros compostos nos esgotos domésticos como o pH, temperatura, DBO, DQO, Nitrogênio Orgânico e Amoniacal, Fósforo, Alcalinidade, Sólidos (Totais, Fixos, Voláteis, Suspensos e Dissolvidos), Coliformes Totais e Fecais – agora mais adequadamente denominado Coliforme Termotolerante – além de Nitritos e Nitratos. E dependendo do caso, pode-se fazer uma análise de Metais Pesados, Pesticidas e etc. Esses parâmetros físico-químicos são levantados em diversas bibliografias, porém a que mais me atraiu foram as considerações feitas por (METCALF & EDDY, 2004), sobre tais parâmetros.

Sobre o destino do esgoto, NUVOLARI (2003) indica que na maioria das vezes, são coleções de águas naturais – cursos de água, lagos, lagoas, lagunas, ou mesmo o oceano -, mas também pode ser o solo convenientemente preparado para receber a descarga efluente do sistema. A esse destino final, se dá o nome de “corpo receptor”.

O Manual de Saneamento da FUNASA apresenta uma maneira mais explicativa de cada uma das características dos esgotos, tanto físicas, quanto químicas e biológicas. Estão serão dispostas em planilhas, para uma melhor visualização, seguidas de complementos para as definições e comentários.

4.3.3. Características Físicas

Fluidos são substâncias nas quais a ação de forças externas, de mínima grandeza, provoca o movimento de suas partículas, umas em relação às outras. Podem ser líquidos ou gases. Os líquidos, quando colocados em recipientes de capacidade maior que o seu volume, apresentam uma superfície livre, ao passo que os gases ocupam toda a capacidade disponível no recipiente (AZEVEDO NETTO et al., 1998).

A forma como um líquido reage às solicitações de suas forças externas depende intrinsecamente de suas propriedades físicas, obviamente dependentes de sua composição química, ou seja, de sua estrutura molecular e de sua energia interna.

Um levantamento apresentado por NUVOLARI (2003) indica que o esgoto é um líquido cuja composição, quando não contém resíduos industriais, é de aproximadamente:

- 99,87 % de água;
- 0,04 % de sólidos sedimentáveis;
- 0,02 % de sólidos não sedimentáveis;
- 0,07 % de substâncias dissolvidas.

Em função da forte prevalência de água nessa composição do esgoto, pode-se admitir que suas propriedades físicas sejam as mesmas da água e, portanto, suas reações à ação de forças externas também são as mesmas. Por isso, que o escoamento de esgoto, em tubulações e canais, é tratado como se fosse de água, na grande maioria dos casos.

Massa Específica:

Também denominada Densidade Absoluta, ou Massa Volúmica. É a relação entre a massa e o volume de um corpo, representada pela letra grega “ ρ ” (P, Rô). No sistema Internacional de Unidades (SI) é medida em kg/m³ (massa/volume) (NUVOLARI, 2003). Para a água, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3 = 102 \text{ umm/m}^3 = 1,0 \text{ kg/L}$. Sendo “umm”: unidades métricas de massa.

Tabela 1 - Variação da Massa Específica com a Temperatura.

Variação da massa específica da água com a temperatura	
Temperatura (°C)	$\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}$
0	999,87
4	1.000,00
10	999,73
20	998,23
30	995,67
40	992,24
60	983,00
80	972,00

Variação da massa específica da água com a temperatura	
Temperatura (°C)	ρ (kg/m ³)
100	958,00

Fonte: Azevedo Neto et al, 1998.

Densidade Relativa:

É a relação entre a massa específica de um corpo e a da água (assumida como base). A densidade relativa da água é, portanto, igual à unidade. Trata-se de um número adimensional representado pela letra grega “ δ ” (Δ , Delta). A densidade relativa do mercúrio, por exemplo, é 13,6. Em, outras palavras, o mercúrio possui massa 13,6 vezes maior do que a água para o mesmo volume (NUVOLARI, 2003).

Peso Específico:

É a relação entre o peso de um corpo e o seu volume, ou o produto da massa específica pela aceleração da gravidade (g). É representado pela letra grega “ γ ” (Γ , Gama) e no SI medido em N/m³. Na prática, admite-se que a densidade da água seja igual a 1, sua massa específica igual a 1 kg/L e o peso específico igual a 9,8 N/L (1 kgf/L), ou (NUVOLARI, 2003):

$$\gamma = (\rho) \cdot (g) \quad \text{Eq. (3.1)}$$

Voltando ao exemplo do mercúrio, situado num mesmo local e para o mesmo volume, este é 13,6 vezes mais pesado que a água.

Compressibilidade / Elasticidade:

É a propriedade de os corpos reduzirem o volume sob a ação de um aumento da pressão externa, havendo proporcionalidade entre variação de pressão e a variação do volume. O coeficiente dessa proporcionalidade é denominado módulo de elasticidade de volume, representado pela letra grega “ ϵ ” (E , Epsilon) (NUVOLARI, 2003). Assim, tem-se:

$$E = - V (dp)/(dV) \quad \text{Eq.(3.2)}$$

Onde:

V = Volume inicial;

dp = Variação de pressão;

dV = Variação de volume;

Sinal (-) significa que há diminuição de volume sob acréscimo de pressão.

O módulo de elasticidade de volume tem dimensão de pressão. Para os líquidos ele varia um pouco com a pressão atmosférica, mas varia consideravelmente com a temperatura.

Tabela 2 - Variação do Módulo de Elasticidade com a Temperatura.

Variação de "ε" da água com a Temperatura (1 Mpa = 100 m.c.a.)	
Temperatura (°C)	"ε" (em MPa)
0	1.950,00
10	2.029,00
20	2.107,00
30	2.146,00

Fonte: Azevedo Neto et al, 1998.

Em termos práticos, o módulo de elasticidade de volume representa a resistência do corpo à redução de seu volume sob a ação de pressões externas. Essa resistência cresce com o acréscimo da pressão aplicada. Na prática, a compressibilidade da água só é considerada na solução de problemas de golpe de aríete, quando as pressões ocorrentes são, na maioria das vezes, bem maiores do que as pressões que normalmente ocorrem nas tubulações dos sistemas de distribuição de água, para as quais a água é considerada praticamente incompressível (NUVOLARI, 2003).

Viscosidade:

É a propriedade de os fluidos resistirem a esforços externos tangenciais, ou seja, às chamadas forças de cisalhamento. No caso dos líquidos essa resistência é devida principalmente às forças de coesão

entre duas partículas, as quais se manifestam quando há tendência de afastamento causada por algum gradiente de velocidade (NUVOLARI, 2003).

Outra maneira de expressar isso indica que, havendo movimento do líquido, haverá diferenças de velocidade entre suas partículas devidas à resistência a deformação, representada pela coesão, como se houvesse uma força de atrito agindo entre as camadas do líquido. A tensão tangencial, assim originada, é proporcional ao gradiente de velocidade “dv/dy” (movimento relativo entre camadas adjacentes). Gerando em sua forma final, a equação de viscosidade de Newton:

$$T(\tau) = \mu \cdot dv/dy \quad \text{Eq. (3.3)}$$

T= Tensão Tangencial, responsável pelo movimento do líquido;

μ = Coeficiente de Viscosidade Dinâmica do líquido. No Sistema Internacional, seu dimensional é (ML⁻¹TR⁻¹) e sua unidade é a (Pa.s).

Tabela 3 - Variação do Coef. de Viscosidade Dinâmica com a Temperatura.

Variação de " μ " da água com a temperatura (sob pressão de 1 atmosfera)	
Temperatura (°C)	" μ " (Pa . s . 10 ⁻³)
0	1,791
4	1,566
10	1,308
15	1,144
20	1,007
30	0,799
50	0,549
60	0,469
70	0,407
80	0,357
90	0,317
100	0,284

Fonte: Azevedo Neto et al, 1998.

O Coeficiente de viscosidade dinâmica “ μ ” ou simplesmente, coeficiente de viscosidade, varia pouco com a pressão e sensivelmente com a temperatura. A viscosidade é também chamada de atrito interno e, juntamente com o atrito externo devido à adesão nas superfícies externas, é responsável pelo aparecimento das perdas de carga no escoamento (PORTO, 2006).

Nuvolari (2003) também expõe que os fluidos que seguem o comportamento expresso pela equação de Newton citada acima, com o coeficiente “ μ ” constante para cada temperatura, são chamados de “fluidos newtonianos”, que é o caso da água e do esgoto. No tratamento do esgoto sanitário, há de ressaltar o caso do “lodo primário” que, retirado dos decantadores primários e adensado, é mais viscoso, tratando-se de um “fluido não newtoniano” do tipo “tixotrópico” cuja viscosidade diminui a partir de certo estágio de agitação. As suas perdas de carga são sensivelmente maiores que as do esgoto (cerca de cinco vezes).

A relação entre o coeficiente de viscosidade e a massa específica “ ρ ” é chamada de “coeficiente de viscosidade cinemática”, representado pela letra grega “ ν ” (Y, Ipsilon), cuja dimensional é (L².T⁻¹) e unidades em (m²/s).

Tabela 4 - Variação do Coef. de Viscosidade Cinemática com a Temperatura.

Variação de “ ν ” da água com a temperatura (sob pressão de 1 atmosfera)	
Temperatura (°C)	“ ν ” (m ² /s. 10 ⁻⁶)
0	1,792
4	1,567
10	1,308
15	1,146
20	1,009
30	0,802
50	0,556
60	0,478
70	0,416

Variação de "v" da água com a temperatura (sob pressão de 1 atmosfera)	
Temperatura (°C)	"v" (m ² /s. 10 ⁻⁶)
80	0,367
90	0,328
100	0,296

Fonte: Azevedo Neto et al, 1998.

Coesão, Adesão e Tensão Superficial:

Ainda com o auxílio de NUVOLARI (2003), pode-se afirmar que esses termos são todas as propriedades devidas à atração molecular, principalmente nos líquidos, seja em relação às suas próprias partículas (coesão e tensão superficial), ou em relação às moléculas de um sólido em contato com esse líquido (adesão).

Os efeitos mais comumente observados são:

- No caso da coesão, a formação de gotas, ou ocupação de apenas uma parte do recipiente;
- No caso da tensão superficial, a formação de película elástica em contato com a atmosfera, tornando mínima essa interface;
- No caso da adesão, a elevação do líquido em tubos de pequeno diâmetro, fenômeno esse denominado "capilaridade"; no caso de líquidos de alta coesão, como o mercúrio, a capilaridade é inversa, havendo rebaixamento. Também a adesão da água pode ser positiva ou negativa, dependendo da natureza do sólido em contato, conforme a água molhe ou não a superfície desse sólido (sólidos hidrófilos são molhados pela água e sólidos hidrófobos não são molhados pela água).

Solubilidade dos Gases nos Líquidos:

É a propriedade segundo a qual os líquidos admitem a solução de certa quantidade de um gás, sendo essa quantidade diretamente proporcional à temperatura. Assim, para as mesmas condições de pressão e temperatura a quantidade de gás dissolvido é constante e define-se como "coeficiente de solubilidade" a relação: massa de gás dissolvido/volume de líquido solvente (NUVOLARI, 2003). No caso particular da água e

dos gases presentes na atmosfera têm-se os valores apresentados na tabela, a seguir.

Tabela 5 - Variação do Coef. de Solubilidade de gases com a Temperatura.

Coeficientes de solubilidade de gases na água (mg/L) sob pressão de 1 atm.				
Gás ou Mistura	Temp. (0°C)	Temp. (10°C)	Temp. (20°C)	Temp. (30°C)
Ar Atmosférico	37,2	28,1	22,5	18,7
Oxigênio Molecular O ₂	70,4	52,8	43,8	34,3
Nitrogênio Molecular N ₂	28,8	22,3	18,0	15,3
Gás Carbônico CO ₂	3.380,7	2.263,4	1.612,0	1.181,0

Fonte: Adaptado de Garcez, 1960.

São duas as leis que governam a solubilidade dos gases nos líquidos:

Lei de Henry:

A massa de um gás dissolvido num líquido, sob temperatura constante, é diretamente proporcional à pressão que esse gás exerce sobre o líquido. No caso dos gases presentes no ar atmosférico, agindo sobre as águas superficiais, é a pressão atmosférica local. Só se aplica a gases que não reajam com o solvente (Editora PORTO, 2003 e NUVOLARI, 2003).

Lei de Dalton:

Numa mistura de gases (como é o caso do ar atmosférico), cada um exerce pressão independentemente sobre o líquido e essa pressão parcial é proporcional à participação de cada gás na mistura (% em volume). Esta lei, para ser aplicada rigorosamente, só é válida para gases ideais (Editora PORTO, 2003 e NUVOLARI, 2003).

No caso do ar atmosférico, a participação percentual dos principais gases componentes é apresentada na tabela a seguir:

Tabela 6 - Participação dos gases na atmosfera.

Participação percentual dos gases componente do ar atmosférico	
Gás	(% em volume)
Nitrogênio N ₂	78,08
Oxigênio O ₂	20,95
Argônio Ar	0,93
Gás Carbônico CO ₂	0,03
Outros	0,01

Fonte: Reichardt (1985).

Então a pressão parcial de cada gás é expressa pela equação:

$$P_{gás} = (P_{atm}) \cdot (\% \text{ gás na mistura}) \quad \text{Eq. (3.4)}$$

Dessa maneira, a concentração de gás dissolvido no líquido, em condições de equilíbrio, depende da pressão parcial e do coeficiente de solubilidade “ α ” (A, Alfa) desse gás, conforme a equação a seguir:

$$C_e = (P_{gás}) \cdot (\alpha) \quad \text{Eq.(3.5)}$$

Onde:

C_e = Concentração de Equilíbrio;

Tensão de Vapor:

É a propriedade dos líquidos de entrarem em ebulição segundo condições específicas de pressão e temperatura (AZEVEDO NETO, 1998).

Dessa forma, a temperatura em que um líquido entra em ebulição, depende da pressão a que esse líquido está submetido. Quanto menor a pressão, tanto menor será a temperatura de ebulição, sendo essa temperatura chamada de “temperatura de saturação de vapor” (T_v) e a pressão respectiva chamada de “pressão de saturação de vapor” (p_v) ou apenas de “tensão de vapor”. Na análise do fenômeno da “cavitação” em bom-

bas centrífugas, essa propriedade é de fundamental importância (NUVOLARI, 2003).

Tabela 7 - Tensões de Vapor em variadas Temperaturas.

Tensões de vapor da água " p_v " a várias temperaturas " T_v "		
T_v (em °C)	p_v	
	(kgf/cm ₂)	10 ³ Pa
1	0,00669	0,6563
3	0,00772	0,7573
5	0,00889	0,8721
10	0,01251	1,2272
15	0,01737	1,7040
20	0,02383	2,3377
25	0,32290	3,1676
30	0,04580	4,4930
35	0,05733	5,6241
40	0,07520	7,3771
45	0,09771	9,5854
50	0,12580	12,3410
55	0,16050	15,7451
60	0,20310	19,9241
65	0,25500	25,5016
70	0,31780	31,1762
75	0,39310	38,5631
80	0,48290	47,3725
85	0,58940	57,8201
90	0,71490	70,1317
95	0,86190	84,5524
100	1,03320	101,3570

Fonte: Adaptado de Azevedo Neto et al., 1970.

Características Físicas para Análise Laboratorial:

Após apresentar diversas características do esgoto, há de se considerar que as principais características físicas associadas aos esgotos domésticos, ou melhor, aquelas que são analisadas, com adequações laboratoriais, em estudos das qualidades de suas águas, são:

Tabela 8 - Características Físicas dos Esgotos.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
Matéria Sólida	Os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,9% de água e apenas 0,1% de Sólidos. É devido a esse pequeno percentual de 0,1% de sólidos que ocorrem os problemas de poluição das águas, trazendo a necessidade de se tratar os esgotos.
Temperatura	A temperatura do esgoto é, em geral, pouco superior à das águas de abastecimento. A velocidade de decomposição do esgoto é proporcional ao aumento da temperatura.
Odor	Os odores característicos do esgoto são causados pelos gases formados no processo de decomposição, assim como o odor de mofo, típico do esgoto fresco é razoavelmente suportável e o odor de ovo podre, insuportável, é típico do esgoto velho ou séptico, em virtude da presença de gás sulfídrico.
Cor e Turbidez	Cor e Turbidez indicam de imediato o estado de decomposição do esgoto. A tonalidade acinzentada acompanhada de alguma turbidez é típica de esgoto fresco e a cor preta é típica de esgoto velho.
Variação da Vazão	A variação da vazão do efluente de um sistema de esgoto doméstico é em função dos costumes dos usuários do serviço. A vazão doméstica do esgoto é calculada em função do consumo médio diário de água de um indivíduo. Estima-se que para cada 100 litros de água consumida, são lançados aproximadamente 80 litros de esgoto na rede coletora, ou seja, 80% da água consumida vira esgoto.

Fonte: Adaptado de Funasa, 2007.

A tese elaborada por Welington Ferreira (CHAGAS, 2000) abordou a temática do estudo de patógenos e metais presentes nos lodos de esgotos, além de sua aplicação na agricultura, partes de seu trabalho foram incorporados nos próximos parágrafos, onde definições do autor JORDÃO (1995) foram muito bem levantadas e assim, também incorporadas neste trabalho, oferecendo uma complementação nas definições retiradas da FUNASA (2007).

Das características físicas, o teor de matéria sólida é o de maior importância, em termos de dimensionamento e controle de operações das unidades de tratamento. A remoção da matéria sólida é fonte de uma série de operações unitárias de tratamento, ainda que represente apenas cerca de 0,08% dos esgotos (água compõe os restantes 99,92%) (JORDÃO, 1995). A matéria sólida total do esgoto pode ser definida como a matéria que permanece como resíduo após evaporação a 103°C. Se este resíduo é calcinado a 600° C, as substâncias orgânicas se volatilizam e as minerais permanecem em forma de cinza: compõe-se assim a matéria sólida volátil e a matéria fixa. O conhecimento da fração de sólidos voláteis apresenta particular interesse nos exames dos lodos dos esgotos para se saber sua estabilidade biológica, e nos processos de lodos ativados para se saber a quantidade de matéria orgânica tomando parte no processo.

A matéria em suspensão, para efeito de controle da operação de sedimentação, costuma ser classificada em: sedimentável (aquela que sedimenta num período razoável de tempo, tomado arbitrariamente em 1 ou 2 horas) e, não sedimentáveis (finamente dividida e que não sedimenta no tempo arbitrário de 2 horas). Em termos práticos, a matéria não sedimentável só será removida por processos de oxidação biológica e de coagulação seguida de sedimentação (JORDÃO, 1995).

Define-se ainda como matéria decantável (sólidos decantáveis) a fração que sedimenta num recipiente apropriado de 1 litro (cone "IMHOFF") após o tempo arbitrário de 1 hora; a quantidade de matéria decantável é uma indicação da quantidade de lodo que poderá ser removida por sedimentação nos decantadores (JORDÃO, 1995).

Já a temperatura dos esgotos é, em geral, pouco superior à das águas de abastecimento - como dito na planilha acima -, em função da contribuição de despejos domésticos que tiveram as águas aquecidas. Pode, no entanto, apresentar valores reais elevados, pela contribuição de despejos industriais. Normalmente, a temperatura nos esgotos está acima da temperatura do ar, a exceção dos meses mais quentes do verão, sendo típica a faixa de 20 a 25°C.

Em relação aos processos de tratamento sua influência se dá, praticamente: nas operações de natureza biológica (a velocidade de decomposição dos esgotos aumenta com a temperatura, sendo a faixa ideal para a atividade biológica 25 a 35°C, sendo ainda 15°C a temperatura abaixo da qual as bactérias formadoras do metano se tornam inativas na

digestão anaeróbia; nos processos de transferência de oxigênio (a solubilidade do oxigênio é menor nas temperaturas mais elevadas); e nas operações em que ocorre o fenômeno da sedimentação (o aumento da temperatura faz diminuir a viscosidade melhorando as condições de sedimentação) (JORDÃO, 1995).

Os odores característicos dos esgotos são causados pelos gases formados no processo de decomposição. Quando ocorrem odores diferentes e específicos, o fato se deve a presença de despejos industriais. Nas estações de tratamento o mau cheiro eventual pode ser encontrado não apenas no esgoto em si, se ele chega em estado séptico, mas principalmente em depósitos de material gradeado, de areia, e nas operações de transferência e manuseio do lodo. Assim, uma atenção especial deverá ser dada as unidades que mais podem apresentar esses odores desagradáveis, como é o caso das grades na entrada da ETE, das caixas de areia, e dos adensadores de lodo (JORDÃO, 1995).

Chamou-me a atenção nas leituras o fato de a cor e a turbidez indicarem de imediato e aproximadamente, o estado de decomposição do esgoto, ou sua "condição". Os esgotos podem, no entanto, apresentar qualquer outra cor, além da acinzentada e da preta, nos casos de contribuição importante de despejos industriais, como por exemplo, dos despejos de indústrias têxteis ou de tintas, que fornecem uma coloração mais escura ainda.

A turbidez não é usada como forma de controle do esgoto bruto, mas pode ser medida para caracterizar a eficiência do tratamento secundário, uma vez que pode ser relacionada à concentração de sólidos em suspensão (JORDÃO, 1995).

4.3.4. Características Químicas

Como dito anteriormente, as principais características químicas dos esgotos domésticos são: Matéria Orgânica e Matéria Inorgânica. Onde, cerca de 75% dos sólidos no esgoto são de origem orgânica, geralmente esses compostos orgânicos são uma combinação de carbono, hidrogênio e oxigênio e algumas vezes com hidrogênio, em processo de decomposição.

Porém, os denominados esgotos sanitários podem conter outras substâncias das mencionadas anteriormente, que são águas servidas, coletadas em áreas residenciais, comerciais e institucionais, de uma determinada cidade, que podem ou não, receber efluentes industriais.

Os grupos de substâncias orgânicas nos esgotos são constituídos principalmente por compostos de proteínas (40 a 60%), carboidratos (25 a 50%), gordura e óleos (10%) e uréia, surfactantes, fenóis e pesticidas (JORDÃO, 1995).

Já a matéria inorgânica é formada principalmente pela presença de areia e de substâncias minerais dissolvidas, como será explicado com palavras de JORDÃO, nos próximos parágrafos.

Nesses sólidos proliferam-se organismos, podendo ocorrer organismos patogênicos - também chamado de agente infeccioso ou etiológico animado, é um organismo, microscópico ou não, capaz de produzir doenças infecciosas aos seus hospedeiros sempre que estejam em circunstâncias favoráveis, inclusive do meio ambiente. Podem ser bactérias, vírus, protozoários, fungos ou helmintos. O agente patogênico pode se multiplicar no organismo do seu hospedeiro, podendo causar infecções e outras complicações (ECOJARDIM) -, dependendo da saúde da população contribuinte. Esses microorganismos são provenientes das fezes humanas. Podem ainda ocorrer poluentes tóxicos, em especial os fenóis e os denominados “metais pesados”, da mistura com efluentes industriais (NUVOLARI, 2003).

A gordura é um termo que normalmente é usado para se referir à matéria graxa, aos óleos e às substâncias semelhantes encontradas no esgoto. A gordura está sempre presente no esgoto doméstico proveniente do uso de manteiga, óleos vegetais, em cozinha, pode estar presente também sob a forma de óleos minerais derivados do petróleo, e neste caso sua presença é altamente indesejável, pois geralmente são contribuições não permitidas que chegam às canalizações em grande volume ou grande concentração, aderem às paredes das canalizações e provocam seu entupimento. As gorduras e muito particularmente os óleos minerais, não são desejáveis nas unidades de transporte e de tratamento dos esgotos: aderem às paredes, produzindo odores desagradáveis, além de diminuir as seções úteis; formam "escuma", uma camada de material flutuante, nos decantadores, que poderá vir a entupir os filtros; interferem e inibem a vida biológica; trazem problemas de manutenção. Em vista disso, costuma-se limitar o teor de gordura nos efluentes (JORDÃO, 1995).

Os surfactantes são constituídos por moléculas orgânicas com a propriedade de formar espuma no corpo receptor ou na estação de tratamento em que o esgoto é lançado. Tendem a se agregar à interface ar-

água, e nas unidades de aeração aderem à superfície das bolhas de ar, formando uma espuma muito estável e difícil de ser quebrada. O tipo mais comum é o chamado ABS (Alquil – Benzeno – Sulfonado), típico dos detergentes sintéticos e que apresenta resistência à ação biológica; este tipo vem sendo substituído pelos do tipo "LAS" (Alquil – Sulfonado – Linear) que é biodegradável (JORDÃO, 1995).

Já a matéria inorgânica contida nos esgotos é formada, principalmente, pela presença de areia e de substâncias minerais dissolvidas, como apresentado na planilha. A areia é proveniente de águas de lavagem das ruas e de águas de subsolo, que chegam às galerias de modo indevido ou que se infiltram através das juntas das canalizações. Raramente os esgotos são tratados para remoção de constituintes inorgânicos, salvo a exceção de alguns despejos industriais (JORDÃO, 1995).

Em termos elementares, o esgoto doméstico contém basicamente: C (Carbono), H (Hidrogênio), O (Oxigênio), N (Nitrogênio), P (Fósforo), S (Enxofre) e outros micro-elementos.

A tabela a seguir apresenta a descrição destes constituintes químicos das águas dos esgotos domésticos.

Tabela 9 - Características Químicas dos Esgotos.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS		
Matéria Orgânica	PROTEÍNAS	São produtoras de nitrogênio e contêm carbono, hidrogênio, oxigênio, algumas vezes fósforos, enxofre e ferro. As proteínas são o principal constituinte de organismo animal, mas ocorrem também em plantas. O gás sulfídrico nos esgotos é proveniente do enxofre fornecido pelas proteínas.
	CARBOIDRATOS	Contêm carbono, oxigênio e hidrogênio. São as principais substâncias a serem destruídas pelas bactérias, com a produção de ácidos orgânicos (por esta razão os esgotos velhos apresentam maior acidez).
	GORDURA	É o mesmo que matéria graxa e óleos, provem geralmente do esgoto doméstico graças ao uso de manteiga, óleos vegetais (de soja, de oliva, de girassol e milho), da carne e etc.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS		
Matéria Orgânica	SULFATANS	São constituídos por moléculas orgânicas com a propriedade de formar espuma no corpo receptor ou na estação de tratamento de esgoto.
	FENÓIS	São compostos orgânicos originados em despejos industriais.
Matéria Inorgânica		Formada pela presença de areias e de substâncias minerais dissolvidas.

Fonte: Adaptado de Funasa, 2007.

Quando o esgoto sanitário, coletado nas redes, é lançado in natura nos corpos d'água - isto é, “sem receber nenhum tratamento prévio” -, dependendo das relações entre as vazões do esgoto lançado e do corpo receptor, pode-se esperar sérios prejuízos à qualidade dessa água. Além do aspecto visual desagradável, pode haver um declínio dos níveis de oxigênio dissolvido, afetando a sobrevivência dos seres de vida aquática; também, a exalação de gases mal-cheirosos; e possibilidade de contaminação de animais e seres humanos pelo consumo ou contato com essa água (NUVOLARI, 2003).

Há de se destacar que o crescimento populacional das cidades só tende a agravar problemas como esses, uma vez que há a relação direta entre o aumento populacional e o aumento do volume de esgoto coletado diariamente.

O objetivo de cargos profissionais, como o de um Engenheiro Sanitarista e Ambiental, é manter a qualidade dos corpos receptores, permitindo e protegendo os diversos usos dessa água, em especial como manancial para abastecimento público, sem riscos à saúde da população. É também muito importante garantir a sobrevivência dos seres de vida aquática e os aspectos estéticos, relacionados com a qualidade de vida dessa população.

As tabelas a seguir apresentarão os principais constituintes do esgoto doméstico e os principais inconvenientes do lançamento de esgoto sanitário nos corpos d'água.

Tabela 10 - Composição dos Esgotos Domésticos.

COMPOSIÇÃO DO "ESGOTO DOMÉSTICO"		
TIPOS DE SUBSTÂNCIAS	ORIGEM	OBSERVAÇÕES
Sabões	Lavagem de louças e roupas	-
Detergentes (podem ou não ser biodegradáveis)	Lavagem de louças e roupas	A maioria dos detergentes contém o nutriente fósforo na forma de polifosfato
Cloreto de Sódio	Cozinhas e na Urina Humana	Cada ser humano elimina pela urina de 7 a 15 gramas/dia
Fosfatos	Detergentes e Urina Humana	Cada ser humano elimina, em média pela urina, 1,5 gramas/dia
Sulfatos	Urina Humana	-
Carbonatos	Urina Humana	-
Uréia, Amoníaco e Ácido Úrico	Urina Humana	Cada ser humano elimina de 14 a 42 gramas de uréia por dia
Gorduras	Cozinhas e fezes Humanas	-
Substâncias Córneas, ligamentos da carne e fibras vegetais não digeridas	Fezes Humanas	Vão se constituir na porção de matéria orgânica em decomposições encontradas nos esgotos
Porções de Amido (glicogênio, glicose) e de Protéicos (aminoácidos, proteínas, albumina)	Fezes Humanas	Idem
Urobilina, Pigmentos Hepáticos, etc.	Urina Humana	Idem
Mucos, Células de Descamação Epitelial	Fezes Humanas	Idem
Vermes, Bactérias, Vírus, Leveduras, etc.	Fezes Humanas	Idem

COMPOSIÇÃO DO "ESGOTO DOMÉSTICO"		
TIPOS DE SUBSTÂNCIAS	ORIGEM	OBSERVAÇÕES
Outros materiais e substâncias: Areia; Plásticos; Cabelos; Se- mentes; Fetos; Madeira; Absor- ventes Femininos, etc.	Areia: Infiltrações nas redes de coleta, banhos em cidades litorâneas, águas pluviais, etc. Demais substâncias são indevidamente lançadas no vaso sani- tário.	Bibliografias variadas (JORDÃO e PESSOA e PEGORARO) indicam valores entre 0,00424 L/m ³ (ETE de Barueri- SP) a 0,073 L/m ³ (ETE de Pinheiros - SP) esses valores podem ser levados em conta, mas não estipulados de forma generalizada
Água	-	99,90 % do Esgoto Doméstico

Fonte: Adaptada de Almeida Jr. (1985), Jordão e Pessoa (1995) e Pegoraro (s/d).

Tabela 11 - Inconvenientes do Lançamento de Esgotos *in natura*.

INCONVENIENTES DO LANÇAMENTO <i>IN NATURA</i> DE ESGOTOS DOMÉSTICOS NOS CORPOS D'ÁGUA	
Matéria Orgânica Solúvel	Provoca a depleção (diminuição ou mesmo a extinção) do oxigênio dissolvido, contido na água dos rios e estuários. Mesmo tratado, o despejo deve estar na proporção da capacidade de assimilação do curso d'água. Algumas dessas substâncias podem ainda causar gosto e odor às fontes de abastecimento de água. Ex: Fenóis.
Elementos Potencialmente Tóxicos	Ex: Cianetos, Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Selênio, Zinco, etc. Apresentam problemas, de toxicidade (a partir de determinadas concentrações), tanto às plantas quanto aos animais e ao homem, podendo ser transferidos através da cadeia alimentar.
Cor e Turbidez	Indesejáveis do ponto de vista estético. Exigem maiores quantidades de produtos químicos para o tratamento dessa água. Interferem na fotossíntese das algas nos lagos (impedindo a entrada de luz em profundidade).

INCONVENIENTES DO LANÇAMENTO <i>IN NATURA</i> DE ESGOTOS DOMÉSTICOS NOS CORPOS D'ÁGUA	
Nutrientes	Principalmente Nitrogênio e Fósforo, aumentam a eutrofização dos lagos e dos pântanos. Inaceitáveis nas áreas de lazer e recreação.
Materiais Refratários	Aos tratamentos: Ex.: ABS (alquil-benzeno-sulfurado). Formam espumas nos rios; Não são removidos nos tratamentos convencionais.
Óleos e Graxas	Os regulamentos exigem geralmente sua completa eliminação. São indesejáveis esteticamente e interferem com a decomposição biológica (os microorganismos, responsáveis pelo tratamento, geralmente morrem se a concentração de óleos e graxas for superior a 20 mg/L).
Ácidos e Alcalis	A neutralização é exigida pela maioria dos regulamentos; dependendo dos valores de pH do líquido há interferência com a deposição biológica e com a vida aquática.
Materiais em Suspensão	Formam bancos de lama nos rios e nas canalizações de esgoto. Normalmente provocam decomposição anaeróbia da matéria orgânica, com liberação de gás sulfídrico (cheiro de ovo podre) e outros gases malcheirosos.
Temperatura elevada	Poluição térmica que conduz ao esgotamento do oxigênio dissolvido no corpo d'água (por abaixamento do valor de saturação).

Fonte: Jordão e Pessoa (1995).

4.3.5. Características Biológicas

As principais características biológicas dos esgoto domésticos são os: *microorganismos de águas residuais* e os *indicadores de poluição*. Estes dois componentes da caracterização do esgoto serão melhor apresentados na Tabela 12, a seguir.

Tabela 12 - Características Biológicas dos Esgotos.

CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS	
Microorganismos de Águas Residuais	Os principais organismos encontrados nos esgotos, são: BACTÉRIAS, FUNGOS, PROTOZOÁRIOS, VÍRUS e as ALGAS. Deste grupo, as BACTÉRIAS são as mais importantes, pois são responsáveis pela decomposição e estabilização da matéria orgânica, tanto na natureza como nas estações de tratamento.
Indicadores de Poluição	Existem diversos organismos cuja presença num corpo d'água indica uma forma qualquer de poluição. Para indicar no entanto a poluição de origem humana costuma-se adotar os organismos do grupo coliforme como "indicadores". As bactérias "coliformes" são típicas do intestino do homem e de outros animais de sangue quente (mamíferos) e por estarem presentes nas fezes humanas (100 a 400 bilhões de coliformes/hab.dia) e de simples determinação, são adotadas como referência para indicar e medir a grandeza da poluição. Seria por demais trabalhoso e antieconômico se realizarem análises para determinar a presença de patogênicos no esgoto; ao invés disto se determina a presença de coliformes e, por segurança, se age como se os patogênicos também estivessem presentes.

Fonte: Adaptado de Funasa, 2007.

Utilizando os microorganismos citados na primeira linha da tabela anterior, um levantamento bibliográfico levou a encontrar, em uma aula concedida pela Dra. Gersina Nobre da R.C.Junior, elementos que auxiliaram na produção de um quadro para melhor visualização dos microorganismos relacionados às suas descrições e riscos. Esse quadro está ilustrado pela Tabela 13 a seguir.

Ou seja, as transmissões de muitas doenças estão intimamente ligadas ao contato ou ingestão de contaminantes presentes nos esgotos

domésticos. Fato esse encontrado em larga escala no nosso país, pela falta de estrutura em saneamento básico para milhões de brasileiros, que vivem em meio aos próprios resíduos sólidos e dejetos líquidos, muitas vezes despejados em corpos hídricos que permeiam os bairros e vilas aparentemente de nível humilde de civilização.

A falta de estruturas, ações e leis para com o Saneamento Básico, principalmente para o Esgotamento Sanitário, é um grande problema de nosso país. Pois a falta de investimentos políticos e financeiros nesse setor, gera uma avalanche que cai sobre outros setores, como principalmente o da Saúde.

Polêmicas populares, como hospitais lotados e números estatísticos preocupantes para o IBGE, poderiam ser evitados caso houvesse um maior interesse pelas partes políticas tanto estaduais como federais, para adotar medidas de maior intervenção e melhorias no saneamento do Brasil, que é um país rico de tecnologias e matérias primas para execução das obras necessárias.

MICROORGANISMO	DESCRIÇÃO	RISCOS
Bactérias	<ul style="list-style-type: none"> -Organismos protistas e unicelulares -Apresentam em várias formas e tamanhos -São os principais responsáveis pela estabilização da matéria orgânica -Algumas bactérias são patogênicas, causando principalmente doenças intestinais. 	Disenterias bacilar, Cólera, Leptospirose, Salmonelose etc.
Fungos	<ul style="list-style-type: none"> -Organismos aeróbios, multicelulares, não fotossintéticos, heterotróficos. -Também de grande importância na decomposição da matéria orgânica. -Podem crescer em condições de baixo pH. 	Tuberculose, Febre Tifóide, Leptospirose, Pneumonia, etc.
Protozoários	<ul style="list-style-type: none"> -Organismos unicelulares sem parede celular -A maioria é aeróbia e facultativa -Alimentam-se de bactérias, algas e outros microrganismos. -São essenciais no tratamento biológico para a manutenção de um equilíbrio entre os diversos grupos. -Alguns são patogênicos 	Helmintos, Disenteria amebiana, Giardíase, Criptosporidíase
Vírus	<ul style="list-style-type: none"> -Organismos parasitas, formados pela associação de material genético (DNA ou RNA) e uma carapaça protéica. -Causam doenças e podem ser de difícil remoção no tratamento da água ou do esgoto. 	Hepatite infecciosa, Gastroenterite, Poliomielite, etc.
Helmintos	<ul style="list-style-type: none"> -Animais superiores -Ovos de helmintos presentes nos esgotos podem causar doenças. 	Ascariíase, Esquistossomose, Teníase, Ancilostomíase, Filariose, etc.

Tabela 13 - Riscos oferecidos pelos microorganismos patógenos.
Fonte: PROSAB, 1999.

Tipos e Transmissões de doenças relacionadas com os dejetos:

As doenças relacionadas com os dejetos, mais comuns no meio rural e em regiões em desenvolvimento, podem ser divididas em seis grupos, conforme listados na Tabela 14 - Tipos de doenças relacionadas com os dejetos. A maioria das doenças transmissíveis se dissemina da maneira como está esquematizada na Figura 5, cujos modos de transmissão estão na Tabela 14, segunda coluna. Qualquer que seja o caminho seguido para que aconteça a transmissão, as portas de entrada do agente infeccioso no organismo humano são basicamente duas: a *boca* e a *pele* (CISAM, 2006).

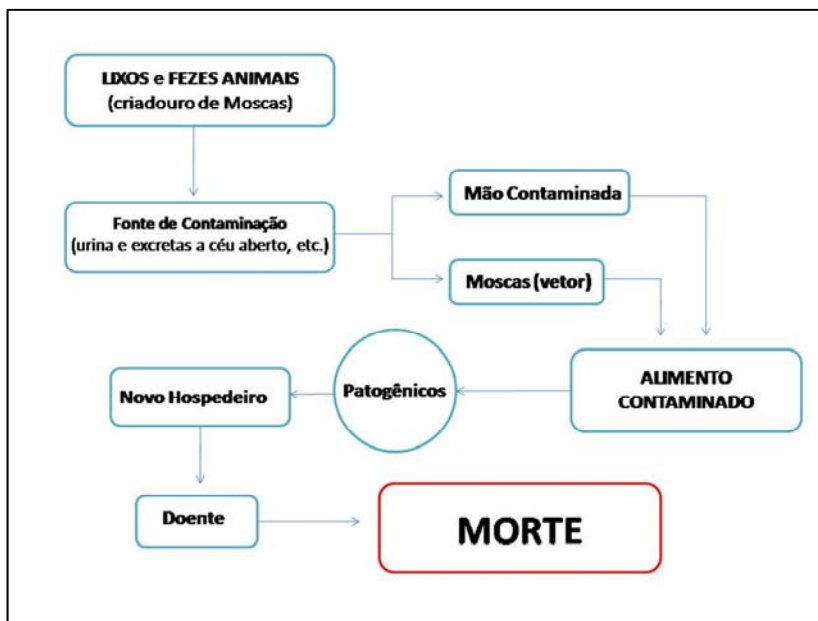


Figura 5 – Transmissão de doenças.
Fonte: Adaptado de Filho e Feitosa, 2002.

Então, na bibliografia pesquisada, diz-se que, a *boca* é a “porta de entrada” para:

- Ovos de *Ascaris* (lombrigas) e de *Tênia*s (solitárias);
- Cistos de *Ameba*;
- Germes que causam Diarréia, Cólera, Hepatite, etc.

Todos eles entram, em geral, com o alimento e com a água de beber contaminados com fezes. Essa contaminação se dá em geral através de mãos sujas, de vetores, da manipulação de alimentos e utensílios domésticos (pratos, copos, xícaras, etc.) e do consumo da água contaminada.

Já a *pele* é considerada uma “porta de entrada” para:

- Ovos de *Ascaris* (lombrigas) e de *Tênias* (solitárias);
- Larvas de *Ancilostomídeos* (vermes do amarelão), cuja penetração se dá pelo contato da pele com solo contaminado (pés descalços ou mãos que mexem com a terra);
- Larvas do *Shistosomo* (vermes da esquistossomose, *Shistosoma* ou “barriga d’água”), cuja penetração ocorre no contato da pele com água contaminada, através de banhos, lavagem de roupa, pescaria, trabalho na água (rios, açudes onde existe o caramujo hospedeiro do verme);
- Larvas do *Ancilóstomo* do cachorro, que podem penetrar na pele pelo contato com solo contaminado. Não sendo o homem hospedeiro desse verme, as larvas ao penetrarem na pele se perdem e transitam sem orientação debaixo da pele, criando túneis e causando desconforto à pessoa contaminada.

Tabela 14 - Tipos de doenças relacionadas com os dejetos.

DOENÇAS RELACIONADAS COM OS DEJETOS			
GRUPO DE DOENÇAS	FORMAS DE TRANSMISSÃO	PRINCIPAIS DOENÇAS	FORMAS DE PREVENÇÃO
Feco-Oral (Não Bacterianas)	Contato de pessoa a pessoa quando não se tem higiene pessoal adequada, o agente causador da doença é ingerido e provoca a doença	<ul style="list-style-type: none"> • Poliomelite • Hepatite tipo B • Giardíase • Disenteria Amebiana • Diarréias por vírus 	<ul style="list-style-type: none"> • Implantar sistema de abastecimento de água • Melhorar as moradias e as instalações sanitárias • Promover a Educação Sanitária
Feco-Oral (Bacterianas)	Contato de pessoa a pessoa, a ingestão e contato com alimentos contaminados e contato com fontes de água contaminadas	<ul style="list-style-type: none"> • Febre Tifóide e Paratifóide • Diarréias e 	<ul style="list-style-type: none"> • Implantar sistema de abastecimento de água e disposição de esgotos • Melhorar as mora-

DOENÇAS RELACIONADAS COM OS DEJETOS			
GRUPO DE DOENÇAS	FORMAS DE TRANSMISSÃO	PRINCIPAIS DOENÇAS	FORMAS DE PREVENÇÃO
	com fezes.	disenterias bacterianas, como a Cólera	dias e as instalações sanitárias • Promover a Educação Sanitária
Helmintos (transmitidos pelo solo)	Ingestão de alimentos contaminados e contato da pele com o solo contaminado com fezes	<ul style="list-style-type: none"> • Ascariíase (Lombrigas) • Tricuríase • Ancilostomíase (Amarelão) 	• Construir e manter limpas, instalações sanitárias
			• Tratar os esgotos antes da disposição no solo
			• Evitar o contato da pele com o sol (andar calçado)
Helmintos associados à água (uma parte do ciclo de vida do agente infeccioso ocorre em um animal aquático)	Contato da pele com água contaminada	• Esquistossomose	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar o contato de pessoas com águas infectadas • Construir instalações sanitárias adequadas • Adotar medidas adequadas para a disposição de esgotos • Combater o hospedeiro intermediário, o Caramujo
Tênias (Solitárias) na carne do Boi ou do Porco	Ingestão de carne mal cozida de animais contaminados	<ul style="list-style-type: none"> • Teníase • Cisticercose 	<ul style="list-style-type: none"> • Construir instalações sanitárias adequadas • Tratar os esgotos antes da disposição no solo • Inspecionar a carne e ter cuidados na sua preparação (cozimento)
Transmitidas por vetores que se relacionam com	Procriação de insetos em locais contaminados com fezes	• Filariose (Elefantíase)	<ul style="list-style-type: none"> • Combater os insetos transmissores • Eliminar condições

DOENÇAS RELACIONADAS COM OS DEJETOS			
GRUPO DE DOENÇAS	FORMAS DE TRANSMISSÃO	PRINCIPAIS DOENÇAS	FORMAS DE PREVENÇÃO
as fezes			que possam favorecer criadouros <ul style="list-style-type: none"> • Evitar contato com criadouros • Utilizar meios de proteção individual

Fonte: Barros et al - Manual de Saneamento Proteção Ambiental para os Municípios, VOL. 2

Após apresentação dos componentes biológicos presentes nos esgotos domésticos, assim como as doenças relacionadas com os dejetos. Posteriormente a apresentação das Características Químicas e Físicas dos esgotos, o estudo pode agora encaminhar suas atenções aos métodos de tratamento de efluentes domésticos a serem apresentados e desmembrados.

4.4. Caracterização das Tecnologias de Esgotamento Doméstico Identificadas para o Trabalho

A seguir serão descritas as características para existência, das tecnologias unifamiliares de esgotamento, identificadas para a realização deste trabalho.

4.4.1. Tanque Séptico Biodigestor

O Tanque Séptico Biodigestor é um sistema de biodigestão anaeróbio para tratar o esgoto doméstico (fezes e urina) de uma residência, particularmente de zona rural, onde moram até cinco pessoas. O efluente líquido tratado que sai da Fossa Séptica Biodigestora pode ser utilizado na agricultura como um, muito bom, biofertilizante, para aplicação no solo e em cultura agrícolas (NOVAES, et al., 2002).

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e o Abastecimento (FAO), a agricultura de base familiar reúne 14 milhões de pessoas, mais de 60% do total de agricultores, e detém 75% dos estabelecimentos agrícolas no Brasil.

É comum nessas propriedades o uso de fossas rudimentares (fossa "negra", poço, buraco, etc.), que contaminam águas subterrâneas e, obviamente os poços de água, os conhecidos poços "caipiras". Assim, há a possibilidade de contaminação dessa população, por doenças veiculadas pela urina, fezes e água, como hepatite, cólera, salmonelose e outras (NOVAES, et al., 2002).

Em suma, o biodigestor aqui estudado tem dois objetivos:

1) Substituir, a um custo barato para o produtor rural, especialmente, e também outros utilizadores desse sistema, o esgoto a céu aberto e as fossas sépticas "negras";

2) Utilizar o efluente como um adubo orgânico, minimizando gastos com adubação química, ou seja, melhorar o saneamento rural e desenvolver a agricultura orgânica.

4.4.1.1. Contexto do Tratamento de Efluentes Líquidos com Biodigestor Anaeróbio

O processo de biodigestão de resíduos orgânicos é bastante antigo, sendo que a primeira unidade foi instalada em Bombaim, na Índia em 1819; na Austrália uma companhia produz e industrializa o metano a partir de esgoto desde 1911. A China possui 4,5 milhões de biodigestores que produzem gás e adubo orgânico, sendo que a principal função é o saneamento no meio rural (CDCC - USP).

No Brasil, a ênfase para os biodigestores foi dada para a produção de gás, com o objetivo de converter a energia do biogás em energia elétrica através de geradores. Isso permitiu melhorar as condições rurais, como por exemplo, o uso de ordenhadeiras na produção de leite, e outros benefícios que podem ser introduzidos (EMBRAPA).

O sistema denominado Fossa Séptica Biodigestora foi desenvolvido, por trabalhadores da EMBRAPA com a organização do pesquisador Antônio Pereira de Novaes, em parceria com o Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza e instalado na Escola Técnica Estadual Astor de Mattos Carvalho (ETEC), em Cabralia Paulista (SP). Este sistema teve o mérito de também vencer o Prêmio Tecnologia Social da Fundação Banco do Brasil no ano de 2003.

O biodigestor é anaeróbio, do tipo tubular, tem 50 metros de comprimento e quatro de largura, com 250 metros cúbicos de capacidade de armazenamento de líquidos, o suficiente para produzir, pelo menos, 13 metros cúbicos de biogás e seis metros cúbicos de biofertilizante diariamente. E será representado a seguir em formas de figuras e imagens, como ilustrado na Figura 6 - Esquema da Fossa Séptica Biodigestora. Figura 10 - Esquema de uma Fossa Biodigestora.

Com o objetivo de promover o tratamento de esgoto em áreas rurais e, assim, promover sua sustentabilidade social, econômica e ambiental, onde segundo IBGE (2004), cerca de 84 % da população fazem uso de fossas rudimentares e/ ou não possuem qualquer tipo de captação ou tratamento do esgoto doméstico (SILVA, 2007).

O sistema de fossa biodigestora contribui para a viabilização do tratamento de esgoto doméstico e consequente produção de efluentes desinfetados. Consiste em um tratamento biológico do esgoto por ação de digestão fermentativa, utilizando-se de esterco bovino/ovino como meio inoculante de bactérias. O sistema evita a proliferação de doenças

veiculadas pela água poluída por esgoto doméstico (NOVAES et al., 2002).

Um biodigestor é uma câmara hermeticamente fechada onde matéria orgânica diluída em água sofre um processo de fermentação anaeróbia (sem presença de oxigênio), o que resulta na produção de um efluente líquido de grande poder fertilizador (biofertilizante) e gás metano (biogás), essa é a definição dada por uma empresa especializada em construir e instalar fossas anaeróbias e outros componentes auxiliares do esgotamento, a CPrata, localizada no Núcleo Bandeirante – Distrito Federal.

Tal empresa também define que o processo de “biometanação” envolve a conversão anaeróbica de biomassa em metano. A decomposição biológica da matéria orgânica compreende quatro fases: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. Esta conversão do complexo orgânico requer uma mistura de espécies bacterianas, as quais podem depender de cada uma para seu crescimento e ocorrer, pela sequência de quatro reações: **hidrólise**, **acidogênese**, **acetogênese** e **metanogênese** (e também a **sulfetogênese**). Dependendo da temperatura em que o processo está acontecendo, o tratamento de resíduos orgânicos é basicamente de três tipos. A “biometanação” com temperatura entre 45 – 60°C é considerada *termofílica*, a que ocorre entre as temperaturas de 20 – 45°C é a *mesofílica*. A digestão anaeróbia de matéria orgânica em baixas temperaturas (>20°C) é referida como digestão *psicrofílica*.

4.4.1.2. Vantagens dos processos Anaeróbios

1. O sistema adéqua o efluente à emissão em solos e protege o meio ambiente fazendo o tratamento sem qualquer contato prévio com o solo;
2. Baixa produção de lodo, cerca de 5 a 10 vezes inferior a que ocorre nos processos aeróbios;
3. Não há consumo de energia elétrica, uma vez que dispensa o uso de bombas, aeradores, válvulas solenóides, painéis elétricos etc;
4. Baixa demanda de área, reduzindo os custos de implantação;
5. Produção de metano, um gás combustível de elevado teor calorífico;
6. O sistema se vale da ação das bactérias presentes no esgoto, que promovem a biodigestão e que também serão úteis quando do lançamento do efluente no solo, ensejando tanto a formação de húmus como a de compostagem. De funcionamento muito simples, o esgoto doméstico é

acumulado no sistema, de modo hermético e, à medida que vai recebendo material orgânico novo, vai liberando automaticamente, um efluente líquido, biodegradado, nitrogenado e fosfatado que nada mais é do que o produto anaeróbico do esgoto biologicamente tratado. Biodigerido, este efluente é um excelente biofertilizante;

7. Possibilidade de preservação da biomassa (colônia de bactérias anaeróbias), sem alimentação do reator, por vários meses, ou seja, a colônia de bactérias entra em um estágio de endogenia, sendo reativada a partir de novas contribuições. A título de exemplo pode-se citar as casas de praia ou de campo que ficam longos períodos sem nenhuma contribuição, e a partir do uso dessas residências, o sistema volta a operar normalmente.

8. O Sistema Biodigestor de Tratamento de Esgoto pode ter três fluxos básicos:

- i. Poderá ser reutilizado na irrigação de jardins, gramados e pomares, promovendo substancial economia no consumo d'água e nos gastos eventuais com adubos e fertilizantes;
- ii. Ou poderá ser lançado sobre resíduos orgânicos formando compostagem;
- iii. Ou poderá ainda ser lançado em sumidouro (desde que as condições do terreno permitam).

É importante lembrar, que adversativamente ao processo anaeróbio, nos processos aeróbios, onde as bactérias dependem do oxigênio que é injetado através de aeradores, a falta de energia elétrica ou queima de motor, coloca todo o sistema em colapso, uma vez que não havendo oxigênio, perde-se todo o campo biológico (morrem todas as bactérias aeróbias). Ou seja, é realmente importante a vantagem de, nos processos anaeróbios, não haver a necessidade de utilização de energia elétrica para seu funcionamento.

4.4.1.3. A fase da Hidrólise

Neste processo, o material orgânico particulado é convertido em compostos dissolvidos de menor peso molecular, os quais podem atravessar as paredes celulares das “bactérias fermentativas”, apresentadas a seguir. O processo requer a interferência das chamadas exo-enzimas que são excretadas pelas bactérias fermentativas hidrolíticas. As proteínas

são degradadas por meio de (poli) peptídeos para formar aminoácidos. Os carboidratos se transformam em açúcares solúveis (mono e dissacarídeos) e os lipídios são convertidos em ácidos graxos de cadeia longa de carbono (C15 a C17) e glicerina. Em muitos casos, na prática, a velocidade de hidrólise pode ser a etapa limitativa para todo o processo da digestão anaeróbia, isto é, a velocidade de conversão do material orgânico complexo para biogás é limitada pela velocidade da hidrólise (PROSAB, 1999). Na anacrobiose, a hidrólise dos polímeros usualmente ocorre de forma lenta, sendo vários os fatores que podem afetar o grau e a taxa em que o substrato é hidrolisado (LETTINGA et al., 1996 e CHERNICHARO 1997): temperatura operacional do reator; tempo de residência do substrato no reator; composição do substrato (teores de lignina, carboidrato, proteínas e gordura); tamanho das partículas; pH do meio; concentração de $\text{NH}_4^+\text{-N}$; concentração de produtos da hidrólise (ácidos graxos voláteis).

4.4.1.4. A Acidogênese

Os compostos dissolvidos, gerados no processo de hidrólise ou liquefação, são absorvidos nas células das bactérias fermentativas e, após a acidogênese, excretadas como substâncias orgânicas simples como ácidos graxos voláteis de cadeia curta (AGV), alcoóis, ácido lático e compostos minerais como CO_2 , H_2 , NH_3 , H_2S etc. A fermentação acidogênica é realizada por um grupo diversificado de bactérias, das quais a maioria é anaeróbia obrigatória. Entretanto, algumas espécies são facultativas e podem metabolizar material orgânico por via oxidativa. Isso é importante nos sistemas de tratamento anaeróbio de esgoto, porque o oxigênio dissolvido, eventualmente presente, poderia se tornar uma substância tóxica para as bactérias metanogênicas se não fosse removido pelas bactérias acidogênicas facultativas (PROSAB, 1999).

4.4.1.5. A Acetogênese

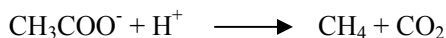
A acetogênese é a conversão dos produtos da acidogênese em compostos que formam os substratos para produção de metano: acetato, hidrogênio e dióxido de carbono. Conforme apresentado nessa literatura (PROSAB, 1999) 70% da DQO digerida é convertida em ácido acético, enquanto o restante da DQO é concentrado no hidrogênio formado.

Pela estequiometria, dependendo do estado de oxidação do material orgânico a ser digerido, a formação de ácido acético pode ser acompanhada pelo surgimento de dióxido de carbono ou hidrogênio. Entretanto, o dióxido de carbono também é gerado na própria metanogênese. Na presença de dióxido de carbono, um terceiro processo da acetogênese pode se desenvolver: a homoacetogênese, ou seja, a redução de dióxido de carbono para ácido acético pelo hidrogênio. Entretanto, por razões termodinâmicas que serão apresentadas a seguir, nos reatores anaeróbios essa rota metabólica é pouco provável de acontecer, pois as bactérias acetogênicas são superadas pelas bactérias metanogênicas utilizaadoras de hidrogênio (Zinder, 1992).

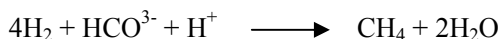
4.4.1.6. A fase da Metanogênese

No material do PROSAB (1999), são encontradas mais informações que indicam que o metano é produzido pelas bactérias acetotróficas, a partir da redução de ácido acético, ou pelas bactérias hidrogenotróficas, a partir da redução de dióxido de carbono. E que existam seguintes reações catabólicas:

Metanogênese acetotrófica ou acetoclástica:



Metanogênese hidrogenotrófica:



As bactérias que produzem metano a partir de hidrogênio crescem mais rapidamente que aquelas que usam ácido acético, de modo que as metanogênicas acetotróficas geralmente limitam a velocidade de transformação de material orgânico complexo.

Além dos processos fermentativos que levam à produção de biogás, podem se desenvolver outros processos no reator anaeróbio. Neste caso não se encontra oxigênio dissolvido, mas pode haver presença de oxidantes alternativos, que permitem o desenvolvimento de bactérias que usam o catabolismo oxidativo. Estes oxidantes são o nitrato e o sulfato. O nitrato pode ser usado como oxidante, sendo reduzido para nitrogênio molecular em processo denominado desnitrificação, e o sulfa-

to pode ser reduzido para sulfeto. O último processo é mais importante na prática, pois o teor de nitrato normalmente encontrado nos esgotos sanitários é baixo, mas o sulfato pode estar presente em concentrações elevadas, quer por sua presença natural na água, quer devido a processos industriais que usam formas de sulfato (por exemplo, ácido sulfúrico em destilarias de álcool) (PROSAB, 1999).

A redução biológica de sulfato em digestores anaeróbios em geral é considerada como um processo indesejável por duas razões:

1. O sulfato oxida material orgânico que deixa de ser transformado em metano;
2. No processo, forma-se o gás sulfídrico, que é corrosivo e confere odor muito desagradável tanto à fase líquida como ao biogás, além de poder ser tóxico para o processo de metanogênese.

Em condições especiais, a redução de sulfato em digestores anaeróbios pode ser um processo vantajoso. No caso de tratamento anaeróbio de águas residuárias ou para lodos com metais pesados – que são tóxicos para as bactérias metanogênicas –, a presença de sulfeto pode contribuir para a estabilidade operacional do reator. A maioria dos sulfetos de metais pesados tem solubilidade muito baixa, de maneira que a presença de sulfeto reduz o teor de metais pesados e, conseqüentemente, a toxicidade exercida por estes sobre a atividade bioquímica das bactérias no sistema de tratamento. Por outro lado, a redução de sulfeto pode ser também o primeiro passo no processo de remoção desse íon de águas residuárias, visando ao reuso do efluente em processos industriais. Nesse caso, é necessário que a produção de sulfeto seja seguida por processo que transforme esse produto em compostos estáveis, por exemplo, a sua oxidação para enxofre elementar, processo cuja viabilidade técnica tem sido demonstrada (JANSEN, 1996). O enxofre pode ser separado do efluente por meio de processos físico-químicos.

4.4.1.7. A Sulfetogênese

A produção de sulfetos é um processo no qual o sulfato e outros compostos a base de enxofre são utilizados como aceptores de elétrons durante a oxidação de compostos orgânicos. Durante este processo, sulfato, sulfito e outros compostos sulfurados são reduzidos a sulfeto, através da ação de um grupo de bactérias anaeróbias estritas, denomina-

das bactérias redutoras de sulfato (ou bactérias sulforedutoras). As bactérias sulforedutoras são consideradas um grupo muito versátil de microrganismos, capazes de utilizar uma ampla gama de substratos, incluindo toda a cadeia de ácidos graxos voláteis, diversos ácidos aromáticos, hidrogênio, metanol, etanol, glicerol, açúcares, aminoácidos, e vários compostos fenólicos. As bactérias sulforedutoras dividem-se em dois grandes grupos Bactérias sulforedutoras que oxidam seus substratos de forma incompleta até o acetato e Bactérias sulforedutoras que oxidam seus substratos completamente até o gás carbônico (CHERNICHARO, 1997).

4.4.1.8. Aspectos Termodinâmicos

Nas águas residuárias há grande variedade de compostos orgânicos que pode ser degradada nos reatores anaeróbios por uma população bacteriana muito diversificada. A conversão desses compostos em metano pode, potencialmente, seguir um número enorme de caminhos catabólicos. Entretanto, esses caminhos só são de fato possíveis caso seja produzida energia livre em cada um dos processos de conversão, ou seja, energia aproveitável para o microorganismo atuante na reação. Em outras palavras, para cada reação da cadeia de conversões do material orgânico primário ao produto final (metano), é necessário que o processo catabólico gere energia aproveitável para a bactéria responsável pela reação em particular, suficiente para que esta possa realizar seu anabolismo. Caso o processo catabólico não gerar energia, então o processo anabólico não ocorre e o metabolismo se torna inviável. (PROSAB, 1999).

Utilizando-se de mais definições exibidas no material do PROSAB, sobre os aspectos termodinâmicos, encontra-se uma etapa que indica que, para saber se a reação catabólica libera energia livre usam-se conceitos de termodinâmica. Ou seja, quando ocorre a liberação de energia, o processo é denominado “exergônico” e a energia livre padrão (ΔG°) é menor que zero. Quando as reações consomem energia são denominadas “endergônicas” e a energia livre apresenta valores positivos. Os valores da energia livre de muitos compostos orgânicos e inorgânicos já foram determinados e podem ser encontrados e podem ser encontrados no artigo de THAUER (1977). A energia livre de uma reação normalmente encontra-se tabelada sob “condições-padrão”, ou seja, temperatura de 25°C, pH = 7 e pressão atmosférica de 1 atm (101 kPa).

Em soluções aquosas, a condição-padrão de todos os reagente e produtos de uma reação é uma concentração (atividade) de 1 mol/kg, enquanto a condição-padrão da água é o líquido puro. A energia livre nas condições reais do sistema de tratamento pode ser calculada pela equação de Nernst, que se expressa da seguinte maneira:

$$DG' = DG^{\circ} + RT \ln [(C)c.(D)d...]/[(A)a.(B)b] \quad \text{Eq. (3.6)}$$

Em que:

DG': Energia livre sob condições atuais no reator;

DG°: Energia livre sob condições-padrão;

R: Constante universal dos gases = (8,3.10⁻³ kJ/mol.T);

T: Temperatura em °K;

(A)a,(B)b: Concentrações fisiológicas dos substratos com os coeficientes respectivos;

(C)c,(D)d: Concentrações fisiológicas dos produtos formados com os coeficientes respectivos;

4.4.1.9. Fatores que afetam a Digestão Anaeróbia

O processo de digestão anaeróbio é acompanhado por variação da acidez do meio. Uma maneira simples de medir se o meio é básico ou ácido é através do pH. Durante a digestão, as bactérias quebram a matéria orgânica e produzem ácidos orgânicos vegetais, que reduzem o pH. Depois de algum tempo, as bactérias formadoras da matéria começam a agir transformando os ácidos em metano, neutralizando o ácido e elevando o pH. Quando as populações de bactérias formadoras de ácido e as formadoras de metano estiverem equilibradas, o pH se estabiliza em torno de 7. Caso o conteúdo dos dejetos se torna ácido, o método mais comum para restaurar o pH ideal é interromper a sua alimentação por alguns dias, com isto haverá mais tempo para que as bactérias metanogênicas reduzam a concentração de ácidos voláteis. Em digestores de grande porte não é possível a interrupção da alimentação e o aumento do pH se faz com adição de hidróxido de cálcio (CISAM, 2006).

O mesmo Manual de Saneamento Rural divulgado pela CISAM (2006), expõe que a temperatura influencia muito no desenvolvimento do microrganismo e conseqüentemente na produção de gás. A faixa ideal de temperatura para a digestão é entre 30 e 35°C proporcionando

as melhores condições para o crescimento das bactérias e para a produção de gás.

Neste material (CISAM, 2006), ainda é informado que o tempo de retenção de biodigestores é aquele necessário para degradar toda a matéria orgânica o qual pode se estender até 6 meses. O mínimo tempo de retenção é em torno de 2 a 4 dias, valores menores não são possíveis, pois as bactérias metanogênicas se reproduzem muito devagar. Recomenda-se adotar tempo de retenção de 20 a 30 dias. Caso a matéria orgânica adicionada já esteja solubilizada, a temperatura esteja em torno de um valor ideal e a agitação seja perfeita, pode-se adotar tempo de retenção entre 5 e 10 dias.

Como os biodigestores funcionam através da atividade de bactérias, estas podem ser intoxicadas e até mesmo mortas quando estiverem em contato com compostos em elevadas concentrações, mesmo aqueles que em baixas concentrações, são necessários à sobrevivência. A amônia em excesso (acima de 3000 mg/L) é tóxica assim como elevadas concentrações de ácidos orgânicos voláteis (até 2000 mg/L), os detergentes sintéticos em concentrações de até 15mg/l causam problemas no funcionamento de digestores. Os antibióticos, desinfetantes e pesticidas encontrados em grandes escalas nas propriedades rurais não devem, de maneira alguma, chegar até os biodigestores (CISAM, 2006).

4.4.1.10. *Benefícios do Biogás gerado no Processo*

A utilização de biodigestores proporciona diversas vantagens conforme estudado na bibliografia do CISAM (2006):

- *Produção de gás combustível:* A composição do biogás (60% metano e 40% dióxido de carbono). A composição e proporção dependem apenas dos materiais adicionados ao biodigestor;

- *Controle de poluição:* Os biodigestores podem ser utilizados de maneira a reduzir a poluição ambiental provocada por resíduos orgânicos de origem humana e animal, as causas mais comuns da poluição em corpos aquáticos. O material orgânico ao ser lançado na água é atacado por bactérias que absorvem o oxigênio da água (de um rio ou lago) diminuindo a possibilidade de sobrevivência dos peixes piorando a qualidade da água;

- *Valor fertilizante do resíduo*: O conteúdo de nutrientes do esterco de animais varia de acordo com sua dieta e o manejo adotado. A biodigestão não reduz o valor fertilizante do resíduo, porque os nutrientes contidos na matéria orgânica não desaparecem apenas se transformam. O biofertilizante é mais rico em húmus, tem granulação mais fina e além das vantagens como corretivo para solos ácidos, não queima as plantas adubadas pois a matéria orgânica já está mineralizada. O biofertilizante não deve ser aplicado em excesso, porém quando usado corretamente pode aumentar a produtividade de culturas;

- *Remoção de agentes patogênicos*: Os resíduos do homem e dos animais contêm muitos agentes causadores de doenças como vírus, bactérias, protozoários e vermes. Caso sejam aplicados sem tratamento causam doenças no próprio homem e nos próprios animais. Com a biodigestão ocorre uma redução da qualidade de organismos patogênicos e a causa principal é a falta de oxigênio durante um período prolongado entre 30 e 40 dias.

4.4.1.11. Procedimentos Práticos

O sistema representado na Figura 6 - Esquema da Fossa Séptica Biodigestora, é composto por duas caixas de cimento amianto ou plástico de 1000 L cada (5), facilmente encontradas no comércio, conectadas exclusivamente ao vaso sanitário, (pois a água do banheiro e da pia não têm potencial patogênico e sabão ou detergente tem propriedades antibióticas que inibem o processo de biodigestão) e a uma terceira de 1000 L (6), que serve para coleta do efluente (adubo orgânico). As tampas dessas caixas devem ser vedadas com borracha e unidas entre si por tubos e conexões de PVC de 4", com curva de 90° longa (3) no interior das caixas e Tê de inspeção (4) para o caso de entupimento do sistema.

Os tubos e conexões devem ser vedados na junção com a caixa com cola de silicone e o sistema deve ficar enterrado no solo para manter o isolamento térmico. Inicialmente, a primeira caixa deve ser preenchida com aproximadamente 20 L de uma mistura de 50% de água e 50% esterco bovino (fresco). O objetivo desse procedimento é aumentar a atividade microbiana e consequentemente a eficiência da biodigestão, dever ser repetido a cada 30 dias com 10 L da mistura água/esterco bovino através da válvula de retenção (1). O sistema consta ainda de duas chaminés de alívio (2) colocadas sobre as duas primeiras caixas para a

descarga do gás acumulado (CH_4). A coleta do efluente é feita através do registro de esfera de 50 mm (7) instalado na caixa coletora (6). Caso não se deseje aproveitar o efluente como adubo e utilizá-lo somente para irrigação, pode-se montar na terceira caixa um filtro de areia, que permitirá a saída de água sem excesso de matéria orgânica dissolvida (Figura 9 - Desenho esquemático do Filtro de Areia (Última caixa da Fossa Biodigestora, projetada para a remoção da matéria orgânica).) (NOVAES, 2002).

A lista de material necessário para a construção do sistema é a seguinte:

Tabela 15 - Material necessário para a construção.

Item	Quantidade	Unidade	Descrição
1	3	pç	Caixa de cimento amianto de 1000 L
2	6	m	Tubo de PVC 100 mm para esgoto
3	1	pç	Válvula de retenção de PVC 100 mm
4	2	pç	Curva de 90° longa de PVC 100 mm
5	3	pç	Luva de PVC 100 mm
6	2	pç	Tê de inspeção de 100 mm
7	10	pç	O'ring 100 mm
8	2	m	Tubo de PVC soldável 25 mm
9	2	pç	Cap de PVC soldável 25 mm
10	2	pç	Flange de PVC soldável 25 mm
11	1	pç	Flange de PVC soldável 50 mm
12	1	m	Tubo de PVC soldável 50 mm
13	1	pç	Registro de esfera de PVC 50 mm
14	2	tb	Cola de silicone de 30 g
15	25	m	Borracha de vedação 15 X 15 mm
16	1	tb	Pasta Lubrificante para juntas elásticas em PVC - rígido 400 g
17	1	tb	Adesivo para PVC - 100 g
18	1	litro	Neutrol

Fonte: Novaes, 2002.

A seguir, outra tabela, indicando a quantidade mínima de ferramentas necessárias para a construção de um sistema de Fossa Biodigestora. Diz-me mínima, pensando na hipótese de haverem contratempos e a necessidade de improvisar alguma montagem, colagem, ou cortes e etc.

Tabela 16 - Ferramentas Mínimas Necessárias.

Item	Quantidade	Unidade	Descrição
1	1	pç	Serra Copo 100 mm
2	1	pç	Serra Copo 50 mm
3	1	pç	Serra Copo 25 mm
4	1	pç	Aplicador de Silicone
5	1	pç	Arco de Serra com lâmina de 24 dentes
6	1	pç	Furadeira elétrica
7	1	pç	Pincel de 3/4 "
8	1	pç	Pincel de 4 "
9	1	pç	Estilete ou faca afiada
10	2	fl	Lixa comum nº 100

Fonte: Novaes, 2002.

Se não for utilizar o efluente como adubo orgânico, alguns materiais a mais além dos citados até aqui, serão utilizados:

1. Areia fina lavada;
2. Pedra britada nº 1;
3. Pedra britada nº 3;
4. Tela de nylon fina (tipo mosquiteiro).

Esses materiais serão necessários para utilizar na construção da caixa ilustrada a seguir, pela Figura 9Figura 7, que terá a função de remover a matéria orgânica presente no sistema de tratamento de efluentes líquidos.

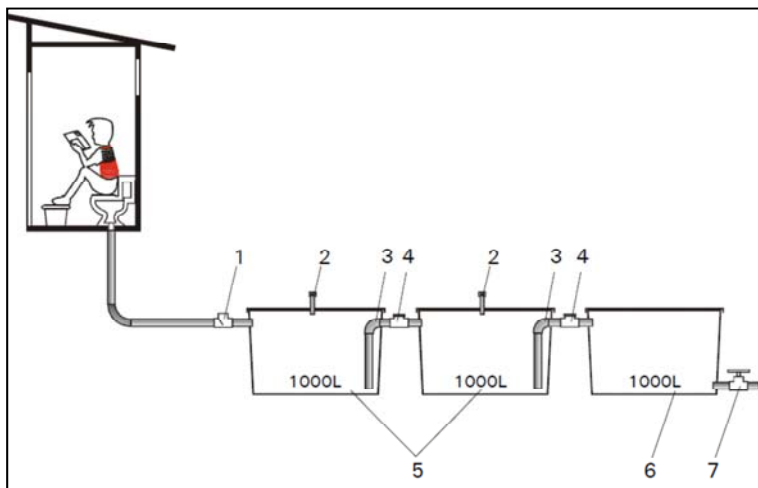


Figura 6 - Esquema da Fossa Séptica Biodigestora.
Fonte: Embrapa, 2002.

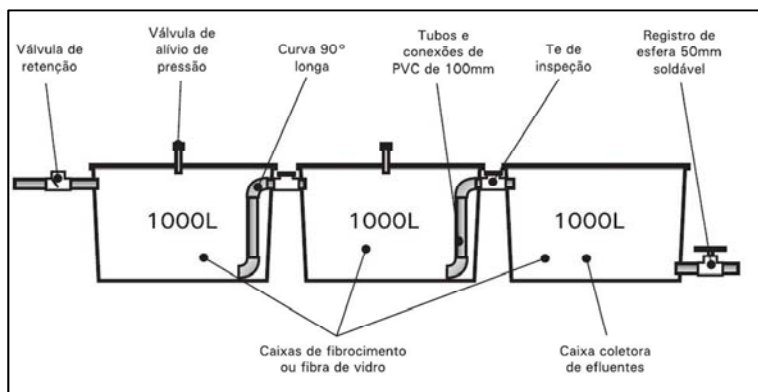


Figura 7 - Esquema Ampliado da Fossa Séptica Biodigestora.
Fonte: Galindo et al., 2010.

Procedimento de montagem do sistema:

O procedimento a seguir foi ensinado em uma das edições do programa televisivo Globo Rural, onde esta tecnologia foi muito bem apresentada, inclusive no jornal eletrônico do programa no site (<http://revistagloborural.globo.com/GloboRural/0,6993,EEC921359-4528-2,00.html>).

Observação Importante: Uma vez por mês, acrescentar à mistura esterco e água. Os números relacionados abaixo estão indicados na figura do Perfil do Sistema e indicam algumas ações de operação.

1. Mistura com 50% de água e 50% de esterco bovino fresco;
2. A água desta caixa pode ser usada para Fertirrigação;
3. Ou liberada para o subsolo, sem risco para o lençol freático.

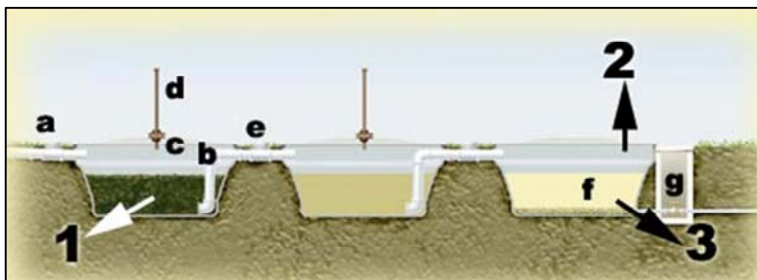


Figura 8 - Perfil do Sistema de Fossa Biodigestora.

Fonte: Jornal Globo Rural; Ilustração: Antônio Figueiredo.

1º. Para montar a fossa séptica biodigestora você vai precisar de três caixas-d'água de mil litros cada. Como ficarão enterradas, recomenda-se o uso de Caixas de Fibra de Vidro ou de Cimento, pois esses materiais suportam altas temperaturas e duram mais. Antes de cavar os buracos no solo para colocar as caixas, você vai precisar furá-las para inserir os Tubos de PVC. Utilize uma Serra Copo diamantada de 100 milímetros para fazer os furos. Caso não tenha essa ferramenta, marque o furo usando o cano como modelo e, com uma Broca de Videa, de um quarto de polegada, faça pequenos orifícios. Com uma Talhadeira, finalize o buraco e depois o lime com uma Lixa Grossa. Os tubos e conexões devem ser vedados com cola de silicone na junção com a caixa.

2º. Cave no solo três buracos de aproximadamente 80 centímetros cada para colocar as caixas. Conecte o sistema exclusivamente ao vaso sanitário. Não o ligue a tubos de pias, pois a água que vem delas não é patogênica. Além disso, sabão e detergente inibem o processo de biodigestão.

3º. Utilize um Tubo de PVC de 100 milímetros para ligar a privada a primeira caixa. Para facilitar a vazão, deixe este cano com uma inclinação de 5% (5 metros de profundidade, a cada 100 metros de extensão) entre o Vaso e o Sistema. Para não correr o risco de sobrecarga, não use válvulas de descarga. Prefira caixas que liberem entre sete e dez litros de água a cada vez que é acionada. Coloque uma válvula de retenção **(a)** antes da entrada da primeira caixa para colocar a mistura de água e esterco bovino.

4º. Ligue a segunda caixa à primeira com um Cano Curva de 90° **(b)**. Feche as duas tampas com Borracha de Vedação de 15 por 15 milímetros **(c)** e coloque um Cano em cada uma delas que servirá de Chaminé **(d)** para liberar o gás metano acumulado. Não vede a terceira caixa, pois é por ela que você irá retirar o adubo líquido. Entre as três caixas, coloque um Tê de Inspeção para o caso de entupimento **(e)**.

5º. Caso você não queira utilizar o adubo, faça na terceira caixa um filtro de areia para permitir a saída de água sem excesso de matéria orgânica (Figura 9 - Desenho esquemático do Filtro de Areia (Última caixa da Fossa Biodigestora, projetada para a remoção da matéria orgânica). Coloque no fundo uma tela de nylon fina. Sobre ela, ponha uma camada de dez centímetros de pedra britada número três e dez centímetros da de número um, nessa ordem, e mais uma tela de nylon **(f)**. Depois, coloque uma camada de areia fina lavada. Instale um registro de esfera de 50 milímetros para permitir que essa água vá para o solo **(g)**.

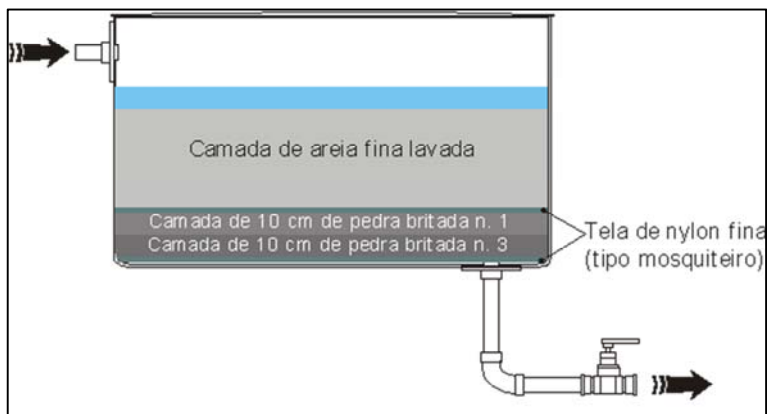


Figura 9 - Desenho esquemático do Filtro de Areia (Última caixa da Fossa Biodigestora, projetada para a remoção da matéria orgânica).

Fonte: Embrapa, 2002.

Pelos estudos da Embrapa, esse tipo de sistema é ideal para uma família composta por 05 (cinco) pessoas que despejam 50 litros de água e resíduos líquidos por dia. Se houver mais gente, a sugestão é colocar mais uma caixa de mil litros.

Segundo o pesquisador Antônio Pereira de Novaes, o custo da Fossa Biodigestora é de aproximadamente R\$ 1 mil reais.

Para as propriedades que já estão com os lençóis freáticos contaminados, a Embrapa recomenda o uso de um clorador entre o cano de captação de água do poço e o reservatório. Isso elimina os microorganismos e garante água potável.



Figura 10 - Esquema de uma Fossa Biodigestora.



Imagem 1 - Esquema real de uma Fossa Biodigestora.
Fonte: Embrapa, 2002.

4.4.2. Tratamento de Efluentes Líquidos por Filtro Biológico com Zona de Raízes e Piscicultura para combate de Larvas de Mosquitos

A seguir serão exibidas as características estudadas para apresentar essa tecnologia, que possui um sistema peculiar de tratamento de efluentes líquidos.

Ela foi desenvolvida e está em constante processo de estudos, pois faz parte do tratamento de esgotos de uma família que mora em Santo Amaro da Imperatriz – Santa Catarina. A residência, onde está localizado o sistema de tratamento de efluentes líquidos, está localizada nas coordenadas geográficas: latitude de 27°41'37" Sul e longitude de 48°47'02" Oeste.

A Figura 11 – Localização do Sistema em Santo Amaro da Imperatriz, exposta a seguir, foi elaborada com o auxílio do software ArcGis e demonstra por etapas a aproximação de uma visualização do Brasil, seguida do estado de Santa Catarina e posteriormente a limitação municipal de Santo Amaro da Imperatriz com a indicação exata da residência do senhor Pedro Simão da Cruz Filho, local onde está localizada a tecnologia de Tratamento de Efluentes Líquidos com Zona de Raízes e Piscicultura.

Esta etapa de apresentação de figura elaborada com programa de design gráfico tem a intenção de apresentar uma melhor visualização geográfica, com coordenadas em UTM (Sistema Universal Transverso de Mercator), do local onde este pequeno “estudo de caso” foi realizado.

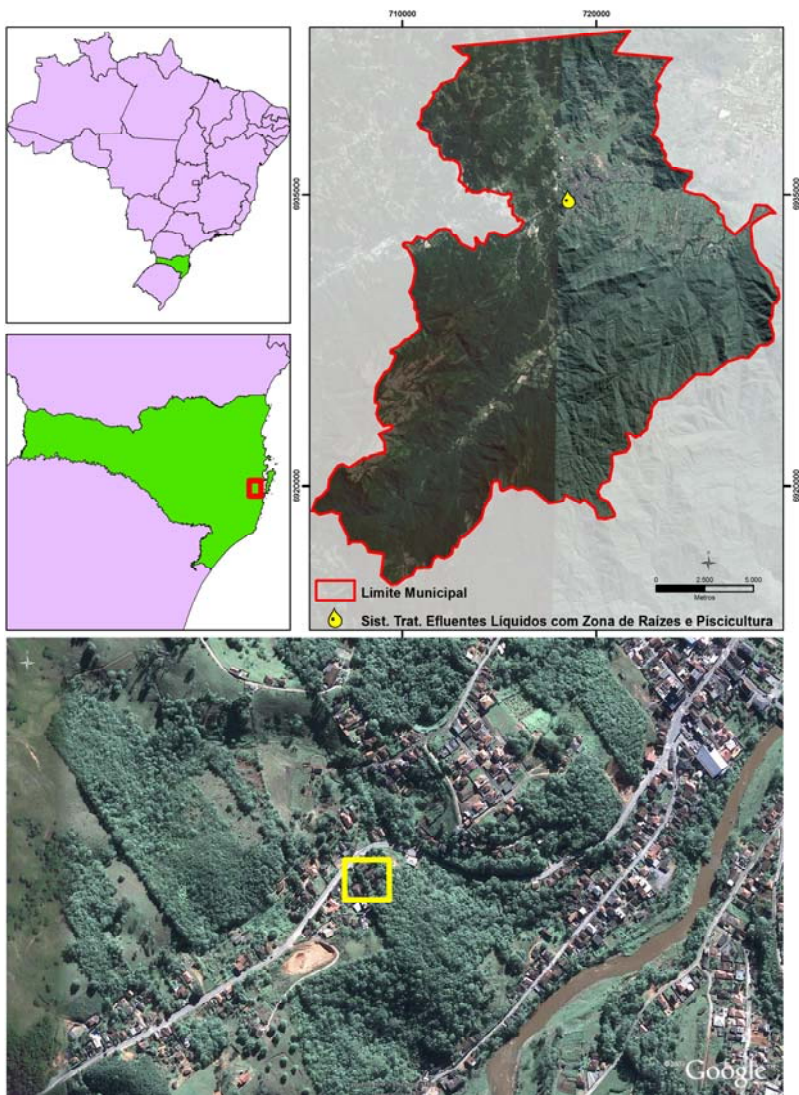


Figura 11 – Localização do Sistema em Santo Amaro da Imperatriz.

A Figura 12, representando um mapa do município, associando as estradas, rodovias e aeroportos próximos, foi elaborada com a utilização do software “mapa interativo” do CIASC (Centro de Informática e Automação de Santa Catarina) e será apresentada a seguir, como forma de indicar como chegar ao município onde o estudo do tratamento de efluentes líquidos é realizado.



Figura 12 - Santo Amaro da Imperatriz e as Rodovias de acesso.

Fonte: Mapa Interativo, CIASC.

4.4.2.1. Contexto do Sistema de Tratamento de Efluentes Líquidos com Zona de Raízes e Piscicultura

Embasando-se em diversos estudos e pesquisas, foi desenvolvido por Pedro Simão da Cruz Filho (FILHO, 2010) um sistema que permite, ao mesmo tempo, tratar o efluente líquido oriundo do sistema convencional de esgoto doméstico e combater com eficiência as larvas dos mosquitos da Dengue, Malária, Febre Amarela e até mesmo os Pernilongos (são termos gerais para designar diversos insetos da subordem Nematocera), pela ação dos peixes denominados Lebistes, que se alimentam dessas larvas. Por constituírem uma nomenclatura vulgar, isto é, não tendo as regras da nomenclatura científica, abarcam diversos táxons como os “mosquitos-palha” e os “mosquitos-pólvora” – muitas vezes inconveni-

entes nas casas onde existe muita vegetação em seu redor, ou seja, zonas rurais.

Sendo esse sistema estabelecido a partir de princípios biológicos, de fácil montagem e de baixo custo para implantação, pode ser instalado em diversas regiões do estado de Santa Catarina e do país, mesmo em locais de periferias onde se encontram populações mais humildes de baixa renda e sem acesso à água potável e o mínimo de saneamento básico.

Esse sistema conta com o que o autor chama de “módulos” e eles são quatro, ligados em série, para executar o tratamento do despejo ligado à pequena rede doméstica de quatro casas/famílias, em Santo Amaro da Imperatriz – SC.



Imagem 2 - Casas atendidas pelo Sistema de Tratamento de Efluentes Líquidos.

O primeiro módulo consta de uma fossa séptica e um filtro biológico; o segundo módulo existe com uma caixa d'água de 1000 Litros preenchida com pedra, pedregulho, areia, terra e plantas terrestres em sua superfície; o terceiro módulo, também uma caixa de 1000 L, conta

com plantas aquáticas do tipo Aguapés para suas atividades, assim como pequenos peixes da família Lebiste para combate de larvas de mosquitos; o quarto e último módulo, possui uma caixa d'água, com plantas macrófitas superficiais, denominadas Cabombas além de Alfaces d'Água, aliadas à presença do mesmo Lebiste, para se alimentar de mais larvas de mosquitos, em meio a esse ambiente repleto de nutrientes.

O que o autor do projeto considera como um diferencial, desse sistema para com os demais existentes, é o fato de o líquido tratado apresentar sinais de boa oxigenação em função das atividades desenvolvidas pelas plantas aquáticas submersas, além do combate de larvas de mosquitos transmissores de doenças. Esse sistema vem sendo testado, em caráter experimental há alguns anos, apresentando bons resultados no que se diz respeito da estética da água que sai do sistema. O protótipo atende uma demanda de esgotamento doméstico de quatro famílias, um total de quinze pessoas, que têm toda a canalização dos esgotos de suas residências interligadas e tratadas pelo mesmo.

O autor do projeto afirma que, após o tratamento, o efluente poderá ser reaproveitado para fins como limpeza de varandas e calçadas, lavagem de carros, rega de plantas, entre outras funções. Contudo, o líquido tratado não poderá ser consumido, ingerido ou aplicado em regas de leguminosas, verduras, ou lavagem de frutas. Em caso de não haver interesse no reaproveitamento do efluente tratado, este poderá ser devolvido à natureza de maneira a isentar os córregos, rios, lagos, lençol freático e mar de absorver os poluentes presentes no esgoto in natura (termo apresentado anteriormente, na caracterização dos esgotos).

Por ser um sistema de caráter biológico, que se utiliza de princípios básicos naturais, com vegetais por suas raízes como agentes principais do tratamento, este sistema é entendido como auto-sustentável, se tornado um atrativo de embelezamento em forma de jardim, contendo plantas que produzem flores. Tudo isso, sem provocar quaisquer inconvenientes, como fortes odores e irradiação de doenças, ou de agente patogênicos, atraindo a participação de animais e insetos benéficos ao homem. Da mesma maneira, a complementação aquática do sistema com a piscicultura inserida, atua no combate às larvas de mosquitos, dando vida novamente a um líquido, que depois de tratado, apresenta-se sem odor, sem cor, oxigenado e com possibilidade de gerar vidas, que em circunstâncias anteriores, não proporcionaria qualquer sobrevivência das espécies de pequenos peixes e vegetais (FILHO, 2010).

Em regiões de zona rural, onde se poderia esperar, uma melhor maneira de lidar com a água no sentido de dar valor social a esse bem, em muitos casos a situação é adversa a esses valores. Nessas regiões onde a maioria da população tem hábitos e moradias rurais é constatada falta de consciência das pessoas com o uso das águas e o destino de seus dejetos e excretas, há também uma preocupação em que envolve a utilização de defensivos e pesticidas agrícolas, além de atividades agropecuárias poluentes de larga escala e extensivas, com a existência de descarte de resíduos direcionados a córregos, lagos e rios.

A preocupação se dá quando é sabido que muitos desses rios e pequenos afluentes são levados a se tornar mananciais de captação das águas de abastecimento de uma determinada população. Portanto, ao se ter conhecimento de que muitos desses compostos poluentes não são totalmente removidos nas estações de tratamento convencional, a água a ser consumida pode ser uma fonte de vida de má qualidade e assim acarretar problemas futuros na população que a utiliza (FILHO, 2010).

Problemas esses, como o acúmulo de metais pesados nos corpo, além de substâncias cancerígenas como o fosfato – A Nutricionista Brasileira Andréia Torres afirma em seu Blog que, uma dieta rica em fosfatos aumenta o risco de câncer de pele em 50%. O fosfato é um nutriente essencial à saúde óssea e à produção de energia, porém o excesso pode ocasionar a divisão inadequada de células. O consumo de fosfato aumentou muito nos últimos 30 anos em decorrência de aditivos químicos utilizados tanto na forma de agrotóxicos como pela indústria. Os fosfatos são encontrados também em carnes processadas (presunto, sal-sicha, linguiça, mortadela, presunto, denominados “embutidos”), refrigerantes, bolos e biscoitos, a fim de aumentar a durabilidade dos produtos. Também afirma que uma pesquisa realizada em 2009 na China, mostrou que o risco de câncer de pulmão também aumenta com o maior consumo de fosfato –, assim sendo, é necessário que as pessoas de zonas rurais e mesmo as de zona urbana, estabeleçam uma relação saudável com seus hábitos de ingestão e de excreção.

As más utilizações desse líquido dotado de muito valor social, estético e financeiro acarretam em grandes volumes de despesas econômicas, visto que, para correção e tratamento dessas águas poluídas, há de se gastar muito mais dinheiro, pois quanto mais poluída é uma água, mais oneroso e difícil é seu tratamento. Mesmo com o avanço das tecnologias pertinentes ao assunto de tratamento de águas de abastecimento,

ainda se buscam, diariamente, implementações que possam ser aplicadas, para diminuir os custos e ao mesmo tempo suprir o papel de eficiência nesses tratamentos.

4.4.2.2. Componentes Biológicos do Sistema

A seguir, serão apresentados os componentes desse processo de tratamento, onde serão tidos como de maior importância e relevância: o “Aguapé”, de nome científico *Eichhornia crassipes* e o pequeno peixe da família Guppy “Lebiste”, denominado cientificamente de *Poecilia reticulata*.

Aguapé:

A utilização de plantas que através de suas estruturas puntiformes e raízes contribuem para a remoção de impurezas contidas nas águas, cujo sistema formado por elas é denominado *wetlands*, vem sendo utilizada há tempos nas tecnologias de saneamento descentralizado, tanto no Brasil, quanto em diversos países do mundo, que procuram soluções individuais de tratamento de esgotos. Algumas dessas plantas são consideradas por muitos como “pragas”, do ponto de vista funcional e mecânico, além do hidráulico e do transporte aquático, em função de sua reprodução acelerada e abundante, em “condições ideais” (entende-se por uma situação, onde nutrientes são fartos, além das condições climáticas e fisiológicas serem muito boas). No que concerne ao tratamento de efluentes e dejetos humanos e de animais, essa planta, torna-se um grande potencial e compartilha do tratamento natural (FILHO, 2010).

Assim sendo, o aguapé, planta que exibe formas exuberantes e é bastante conhecida, em diversas regiões brasileiras, mostra-se uma excelente alternativa para o tratamento de efluentes domésticos, será apresentada na sequência deste trabalho.

Como qualquer planta altamente produtiva, o aguapé exige um meio ambiente rico em nutrientes. A diferença é que os nutrientes do meio hídrico também são poluentes orgânicos (esgotos domésticos, resíduos vegetais e animais) ou inorgânicos (esgotos industriais, produtos de limpeza, metais e resíduos petroquímicos). Devorador da poluição, o Aguapé absorve esses nutrientes por meio de um processo que envolve três etapas: a física, a bioquímica e a metabólica (MAFEI, 1988).

A etapa física dá-se quando suas raízes, longas e finas agem como filtro biológico que retém as impurezas das águas. A bioquímica acontece porque as impurezas retidas pelas raízes criam um ambiente favorável à proliferação de microorganismos. Eles atuam sobre elas, decompondo-as e transformando-as em elementos mais simples, como o nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, ferro, manganês e alumínio. A etapa metabólica, ou “fisiológica”, cumpre-se quando o aguapé absorve esses elementos de água e os transforma, através da fotossíntese, em biomassa ou matéria verde. Durante esse processo, o aguapé revela uma de suas melhores características: os metais pesados não chegam a ser metabolizados pela planta em níveis que coloquem em risco a utilização de sua parte aérea. Do total da matéria retida, de 95 a 98% acumulam-se no sistema radicular, preservando as folhas de serem contaminadas (MAFEI, 1988).

O mesmo autor continua sua apresentação dos aguapés e conclui uma parte dela afirmando que “ao filtrar e metabolizar a matéria orgânica, o aguapé acaba com o ambiente favorável à proliferação de bactérias e vírus patogênicos (anteriormente apresentado, que são causadores de doença como a tifo, a esquistossomose, a febre amarela e etc.) e de outros microorganismos que se reproduzem consumindo oxigênio do meio aquático e são responsáveis pela elevação da Demanda Bioquímica de Oxigênio, fenômeno típico das águas de esgoto desfavorável à vida dos organismos superiores”.

Essas plantas serão ilustradas conforme as imagens a seguir:



Imagem 3 - Aguapé (*Eichhornia crassipes*) do próprio sistema em Santo Amaro da Imperatriz. Fonte: FILHO, 2010.



Imagem 4 - Aguapé (*Eichhornia crassipes*), no ambiente natural.
Fonte: Arquivo Pessoal.



Imagem 5 - Aguapé (*Eichhornia crassipes*), detalhe das Raízes.
Fonte: Arquivo Pessoal.

Lebiste:

Ágeis e multicoloridos, os Lebistes são utilizados em aquários desde meados de 1900. Entretanto, sua utilização não se limita apenas a esta. Devido ao seu hábito voraz de se alimentar com larvas de insetos, os Lebistes são utilizados em países do Oriente como ferramenta de controle biológico. Já foram utilizados também no Brasil, na década de

30, para combater os transmissores da Malária e da Febre Amarela. São também utilizados em laboratórios, nos experimentos eco toxicológicos, genéticos, comportamentais e reprodutivos.

Os Lebistes são originários da América do Sul e Central, mais precisamente de estuários localizados em Barbados, Trinidad Tobago, Venezuela, Guianas e porção norte do Brasil. Conhecidos também por Peixe Arco-Íris, Barrigudinho, Bandeirinha, Sarapintado e Guppy encontram-se hoje espalhados por todo o mundo. Antes de ser classificado cientificamente como *Poecilia reticulata*, o Lebiste já foi conhecido por *Girardinus guppyi* e *Lebistes reticulatus*. O nome Guppy é na verdade o sobrenome de Robert J.L Guppy que foi homenageado pelo naturalista inglês Guenther, que recebeu de Robert os primeiros peixes coletados na América Central no ano de 1860. Já o nome popular Lebiste deriva do gênero Lebistes ao qual pertencia. Pertence à família dos Poeciliidae (Poecilídeos) da qual também fazem parte Molinésias, Platys e Espadas (Saúde Animal, 2010 e Alcon 2008).

Devido a sua grande adaptabilidade, a *Poecilia reticulata* é encontrada nos ambientes mais diversos, como exemplo, nas nascentes do Rio Tietê, no município de Salsópolis, assim como muitas partes das regiões litorâneas brasileiras e nos rios que se misturam aos mangues, ou seja, regiões de estuários, conforme a figura a seguir. Onde as condições biológicas e físicas das águas são extremas, com pH chegando a 8,0 e a salinidade próxima da concentração que se encontra no mar, como nas regiões próximas a Santos e São Vicente (FILHO, 2010).



Imagem 6 - Região de Estuário.
Fonte: Arquivo Pessoal.

Seguindo as exposições feitas acima a aplicação deste peixe no contexto desse estudo de tratamento de águas terá sua complementação, auxiliando biologicamente, no combate de larvas de mosquitos transmissores de doenças.

A figura a seguir, apresenta para melhor visualização, um exemplar do Lebiste. A imagem foi extraída de um site de Aquapaisagismo. Ficando evidente a utilização dessa espécie de peixe em situações diversas, como em aquários naturais de estética de ambientes e também como predadores de larvas de mosquitos, no sistema de tratamento de efluentes, aqui apresentado.



Imagem 7 - Lebiste (*Poecilia reticulada*).

Fonte: Aquarismo Real, 2010.

Cabomba:

A Cabomba é uma ótima proteção para alevinos, além de ser uma grande oxigenadora da água, ela cresce bastante e vive da incidência de luz de preferência em águas calmas. Ela possui um caule comprido e verde, com suas folhas dispostas em forma de leque, possui diversas espécies, como a Caroliniana da América do Norte, a Cabomba Indiana, de cor arroxeada, dentre outras.

Apesar de ser uma planta muito comum entre os adeptos do aquarismo, a Cabomba, merece destaque por duas coisas: a facilidade de cultivá-la e sua beleza estética. Em poucos dias ela dobra de tamanho e para produzi-la basta replantar os caules podados. Não necessita de substrato fértil e nem de CO₂ para se ter um desenvolvimento acelerado. É muito utilizada por criadores de peixes, pois seu volume abriga os alevinos com segurança.

Por ser uma planta de metabolismo muito rápido, é muito útil também na inibição da proliferação de algas nos tanques plantados recém montados. Se cultivada sob forte iluminação, os intervalos entre um maço e outro ficam menores e novos ramos derivam do caule principal, o que torna essa planta ainda mais volumosa.

A desvantagem desse tipo de planta é que suas folhas retêm muitas partículas em suspensão e são facilmente tomadas por algas e caramujos. Ambos os problemas são fáceis de combater com peixes adequados e boa qualidade de água (ECO ANIMAL, 2011).



Imagem 8 - Cabomba (*Cabomba caroliniana*).

Fonte: Aquaflux, 2010

4.4.2.3. Qualidade da Água do Sistema

A detecção de microorganismos patogênicos, embora necessária em algumas circunstâncias, não é aplicável para fins de monitoramento ou verificação de rotina. Por esse motivo, uma das estratégias mais viáveis para o controle da qualidade microbiológica da água é a avaliação da presença dos chamados microrganismos indicadores de contaminação fecal. Esses microrganismos devem possuir uma série de características, dentre elas, estarem presente em grande quantidade em fezes humanas e

de animais de sangue quente, não se multiplicar em águas naturais e ser detectável por métodos laboratoriais simples e rápidos.

Além da origem fecal, várias bactérias do grupo dos coliformes totais são exclusivamente ambientais e podem multiplicar-se na água e em biofilmes. Por esse motivo, elas não são atualmente utilizadas como indicadores de contaminação fecal, mas sim para avaliação da eficiência do tratamento, da limpeza e integridade dos sistemas de distribuição e da presença potencial de biofilmes (WHO, 2004. STANDING COMMITTEE OF ANALYSTS, 2002).

Portanto, para complementar o estudo realizado por FILHO (2010), conduzi um estudo da qualidade das águas do sistema de tratamento unifamiliar proposto por ele. Contando com o auxílio de técnicos capacitados para realizar este estudo das águas, especialmente de Joceli Zaguini Francisco, além das dependências físicas do LIMA (Laboratório Integrado do meio Ambiente, do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC) pôde-se desenvolver um estudo simples, levantando os parâmetros usualmente estudados nesse laboratório, em situações com águas residuárias, no LIMA. Tais parâmetros serão apresentados a seguir, adicionados a outros de também grande relevância para este estudo.

Estes parâmetros serão apresentados, na mesma sequência que serão apresentados os resultados nas tabelas dos Resultados do trabalho.

Demanda Química de Oxigênio (DQO):

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) é a quantidade de oxigênio que se precisa para oxidação da matéria orgânica em um corpo hídrico através de um agente químico. Os valores da DQO, em geral, são maiores que os da DBO, sendo o teste realizado num prazo menor. O aumento da concentração de DQO num corpo d'água é causado, na maioria das vezes, por despejos de origem doméstica e industrial (CETESB, 2008).

A DQO é um parâmetro imprescindível nos estudos de descrição de esgotos sanitários e de efluentes industriais. É interessante a utilização da DQO conjuntamente com a DBO para observar a parcela biodegradável dos despejos (CETESB, 2008).

Amônia (Nitrogênio Amoniacal):

Nitrogênio amoniacal pode estar presente em água natural, em baixos teores, tanto na forma ionizada (NH_4^+) como na forma tóxica não ionizada (NH_3) devido ao processo de degeneração biológica de matéria orgânica animal e vegetal. Em um aquário são geradas através da decomposição de restos de alimentos não digeridos, fezes e urina dos peixes. De acordo com as condições existentes na água a amônia pode acumular-se na água ou transformar-se em nitrito e/ou nitrato pela ação de bactérias aeróbias. Este processo é conhecido como nitrificação. O processo inverso também é possível quando ocorre a redução dos nitratos à amônia ou até a nitrogênio via ações microbianas e sob certas condições físico-químicas. Este processo é chamado de desnitrificação (Laboratório São Camilo).

Nitritos (NO^{2-}):

O nitrogênio pode aparecer em diversas formas no meio aquático, tais como: nitrogênio molecular (N_2) na forma de gás escapando para a atmosfera, nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão), amônia (livre NH_3 e ionizada NH_4^+), nitrito (NO^{2-}) e nitrato (NO^{3-}) (VON SPERLING, 2005).

É a forma química do nitrogênio normalmente encontrada em quantidades diminutas nas águas superficiais, pois o nitrito é instável na presença do oxigênio, ocorrendo como uma forma intermediária. A presença de nitritos em água indica processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica. É encontrado na água como resultado da decomposição biológica, devido à ação de microrganismos sobre o nitrogênio amoniacal, ou também proveniente de aditivos oriundos de efluentes industriais, (anticorrosivos de instalações industriais) A presença de nitrito (NO^{2-}) nitrogênio nitroso em concentração elevada indica que a fonte de matéria orgânica presente na água encontra-se a pouca distância do ponto onde foi feita a amostragem para análise (Laboratório São Camilo).

Nitrato (NO^{3-}):

O nitrogênio é um dos mais importantes nutrientes para o crescimento de algas e macrófitas (plantas aquáticas), sendo facilmente assimilável nas formas de amônia e nitrato. Em condições fortemente alca-

linas ocorre o predomínio da amônia livre (ou não ionizável), que é bastante tóxica a vários organismos aquáticos. Já o nitrato, aqui enfatizado, em concentrações elevadas, está associado à doença de metahe-moglobina, que dificulta o transporte de oxigênio na corrente sanguínea de bebês. Em adultos a atividade metabólica interna impede a conversão do nitrato em nitrito, que é o agente responsável por esta enfermidade.

Além de ser fortemente encontrado na natureza, na forma de proteínas e outros compostos orgânicos, o nitrogênio tem uma significativa origem antropogênica, principalmente em decorrência do lançamento em corpos d'água de despejos domésticos e industriais, assim como de fertilizantes (Laboratório São Camilo).

Ortofosfato:

O fósforo aparece nas águas, devido, principalmente, às descargas de esgotos sanitários. Nestas, os detergentes superfosfatados utilizados em grandes quantidades domesticamente constituem a principal fonte do fósforo. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em larga escala. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem causar a presença excessiva de fósforo em águas naturais (CETESB, 2008).

Os sistemas aquáticos são importantes componentes de nosso ecossistema, sendo amplamente utilizados para diversas formas de atividades. Alterações químicas e ecológicas nestes sistemas conduzem ao desequilíbrio da fauna e flora, resultando em prejuízos econômicos pra região.

O fósforo atua como fator limitante na produção primária desses ecossistemas aquáticos, podendo conduzir a eutrofização, que gera modificações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do meio, com perdas da sua produtividade e biodiversidade. O sedimento constitui um compartimento de suma importância na avaliação da intensidade e formas de impactos a que os ecossistemas aquáticos estão ou estiveram submetidos, pois realizam constantes trocas de nutrientes e outras substâncias poluentes ou não com a coluna d'água. A importância do sedimento como fonte ou depósito de fósforo está relacionado à qualidade e a quantidade deste nutriente no sedimento e os processos que afetam o seu equilíbrio na interface água/sedimento. Portanto, é importante a determinação da relação entre a composição do sedimento e o fosfato a

ele ligado, para avaliar o potencial deste compartimento em liberar fósforo para a fase aquosa (ANALYTICA).

Potencial Hidrogeniônico (pH):

Em seu trabalho de conclusão de curso, Alcântara (2010) expôs sobre o tema de estudos das águas com o título de “Avaliação da qualidade da água em mananciais superficiais: estudos para criação de unidade de conservação em Itapema/SC”. E no trabalho apresentou alguns parâmetros de análises de águas, como o “pH”.

Este parâmetro representa a concentração de íons de hidrogênio (H^+), em escala antilogarítmica, o que indica se a água encontra-se ácida, neutra ou alcalina. Os elementos responsáveis pela variação do pH na água são os sólidos e gases dissolvidos, os quais podem ser provenientes de despejos domésticos (oxidação da matéria orgânica) ou de despejos industriais (VON SPERLING, 2005).

Valores de pH entre 6,0 e 9,0 são considerados responsáveis, em longo prazo, pela sobrevivência da maioria dos organismos aquáticos. A violação destes limites por longos períodos de tempo, ou fortes variações de pH em curto prazo, resultam na inibição dos processos metabólicos, na redução de espécies de organismos ou no poder de autodepuração de corpos d’água (FATMA, 1999).

Em corpos d’água, os valores elevados de pH, o que indica uma água alcalina, podem estar associados à proliferação de algas, assim como valores baixos ou elevados de pH podem indicar poluição por despejos industriais (VON SPERLING, 2005).

Alcalinidade:

É a medida total das substâncias presentes numa água, capazes de neutralizarem ácidos. Em outras palavras, é a quantidade de substâncias presentes numa água e que atuam como tampão. Se numa água quimicamente pura ($pH=7$) for adicionada pequena quantidade de um ácido fraco seu pH mudará instantaneamente. Numa água com certa alcalinidade a adição de uma pequena quantidade de ácido fraco não provocará a elevação de seu pH, porque os íons presentes irão neutralizar o ácido.

Em águas subterrâneas a alcalinidade é devida principalmente aos carbonatos e bicarbonatos e, secundariamente, aos íons hidróxidos, silicatos, boratos, fosfatos e amônia. Alcalinidade total é a soma da alcali-

nidade produzida por todos estes íons presentes numa água. Águas que percolam rochas calcárias (calcita = CaCO_3) geralmente possuem alcalinidade elevada (Laboratório São Camilo).

Sólidos Suspensos:

Os sólidos suspensos referem-se a pequenas partículas sólidas que se mantêm em suspensão em água, como um colóide ou devido ao movimento da água. É utilizado como um indicador da qualidade da água. Por vezes é abreviado como a sigla SS.

Os sólidos suspensos são importantes como poluentes e patógenos que são realizados na superfície de partículas. Quanto menor o tamanho das partículas, maior a superfície por unidade de massa de partículas e, por isso, quanto maior a carga poluente que é susceptível de ser transportada (CETESB, 2008).

Sólidos Totais:

Os sólidos totais nas águas são toda matéria que se conserva como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado. Em termos gerais, as operações de secagem, calcinação e filtração são as que definem as diversas frações de sólidos presentes na água (sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis). Os métodos utilizados para a determinação de sólidos são gravimétricos (utilizando-se balança analítica ou de precisão). Os Sólidos Totais são os resíduos que restam na cápsula após a evaporação em banho-maria de uma porção de amostra e sua posterior secagem em estufa a 103-105°C até peso constante (CETESB, 2008).

Coliformes Totais:

Grupo de bactérias constituído por bacilos Gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase negativos, capazes de crescer na presença de sais de bile ou outros agentes de superfície com propriedades seletivas similares e que possuem a enzima b-galactosidase. Fermentam a lactose a 35-37°C com produção de ácido, gás e aldeído em 24-48 horas. São capazes de utilizar substra-

tos cromogênicos contendo b-galactosídeo na temperatura de 35-37°C. (CETESB, 2007).

O grupo de bactérias determinado coliformes totais são aquelas que não causam doenças, visto que habita o intestino de animais mamíferos inclusive o homem.

Coliformes Fecais (termotolerantes):

O grupo coliforme é composto por um número de bactérias que inclui os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. Todas as bactérias coliformes são gran-negativas manchadas, de hastes não esporuladas que estão associadas com as fezes de animais de sangue quente e com o solo (CETESB, 2008).

As bactérias coliformes termotolerantes, são assim denominadas, pois, multiplicam-se ativamente (em 24 horas) e toleram temperaturas acima de 44°C e tem a habilidade de fermentar carboidratos. A utilização das bactérias coliformes termotolerantes para indicar poluição sanitária se apresenta mais significativa que o uso das bactérias coliformes “totais”, porque as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente. A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratífóide, disenteria bacilar e cólera (CETESB, 2008).

Escherichia coli:

A *Escherichia coli* é a única bactéria do grupo dos coliformes totais cujo habitat exclusivo é o trato intestinal de humanos e de animais de sangue quente, sendo geralmente a bactéria predominante do subgrupo dos coliformes termotolerantes. Por esse motivo, a *E. coli* é considerada o indicador ideal de contaminação fecal, mas são igualmente aceitáveis para esse fim os coliformes termotolerantes (LECLERC 2000, WORLD HEALTH ORGANIZATION 2004).

Em concordância com esses conceitos, a legislação brasileira sobre qualidade de águas destinadas ao consumo humano, águas minerais e águas naturais determina que sejam analisados os coliformes termotolerantes ou, preferencialmente, a *E. coli*, que devem estar ausentes nessas águas. Quanto aos coliformes totais, é exigida ausência na água tra-

tada, na saída do sistema, sendo aceitas determinadas porcentagens na rede de distribuição, enquanto que para águas minerais e águas naturais, é estabelecido um limite máximo para essas bactérias. (BRASIL 2004, BRASIL 2005).

Estes dois parâmetros seguintes somente foram apresentados para fins de explicação e demonstração de importância, mas infelizmente, não compuseram o grupo de parâmetros analisados para teste de qualidade da água de entrada e de saída deste sistema.

Oxigênio Dissolvido:

Em seu trabalho, ALCÂNTARA, também apresentou o Oxigênio Dissolvido (OD) e ponderou que este parâmetro “é de vital importância para os organismos aeróbios, como, por exemplo, os peixes que vivem em rios, que necessitam do oxigênio dissolvido na água para a sua sobrevivência”.

Baixas concentrações de oxigênio dissolvido são indicativas de processos de oxidação de substâncias lançadas nos rios. Quando se toma por base apenas a concentração de oxigênio dissolvido, as águas poluídas tendem a serem aquelas que apresentam baixa concentração de OD (devido ao seu consumo na decomposição de compostos orgânicos). Enquanto que, as águas limpas tendem a apresentar concentrações de OD elevadas, atingindo níveis pouco abaixo da concentração de saturação (FUZINATTO, 2009).

Este parâmetro somente foi apresentado para fins de explicação e demonstração de importância, mas infelizmente, não compôs o grupo de parâmetros analisados para teste de qualidade da água de entrada e de saída deste sistema.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO):

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar (oxidar) a matéria orgânica, através de processos bioquímicos de decomposição realizados por bactérias aeróbias, para uma forma inorgânica estável. É, portanto, uma medida indireta da quantidade de matéria orgânica (carbono orgânico biodegradável) (VON SPERLING, 2005).

A DBO é reconhecida como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. Quando o período de incubação da DBO é de 5 dias, em uma temperatura de incubação de 20°C, a DBO é conhecida como DBO_{5,20}. A DBO se torna elevada num corpo d'água quando ocorrem despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode resultar no completo esgotamento do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática (CETESB, 2008).

4.4.2.4. Procedimentos Práticos

FILHO (2010), autor dessa tecnologia, mostra, em seu trabalho, que, para que os módulos de tratamento dos efluentes domésticos estejam implantados e em funcionamento, será necessário executar algumas ações.

Essas ações são algumas de grande importância como a Elaboração do Projeto; o Levantamento de Ferramentas para montagem do sistema; o Levantamento de Materiais necessários para operação; a Compra dos materiais e ferramentas; o Preparo do local a ser implantada a pequena estação de tratamento de esgotos; a Montagem dos quatro módulos da estação de tratamento; a Realização de um teste de fluxo dos efluentes; a Realização da ligação definitiva do sistema.

Durante as entrevistas, o autor do projeto mencionou a preferência por não expor detalhadamente a sequência de montagem e construção, além da manutenção do sistema, justamente pelo fato de ser um “protótipo” e ainda não haver outro sistema igual a este, o autor solicitou que não fossem divulgadas as maneiras mais expressivas e detalhadas da elaboração deste projeto. É de se entender, pois é visível a dedicação e tempo investido para esse estudo dar certo. Caberá a ele, procurar maneiras de espalhar essa ideia, ou concorrer em prêmios oferecidos por Fundações de grande porte, para darem suporte e apoio financeiro para as pesquisas e divulgação do trabalho.

Então, a seguir serão expostas, de maneira sucinta e com palavras simples, as maneiras de montar os quatro módulos da estação de tratamento de efluentes líquidos. O texto de exposição foi adaptado de FILHO, 2010.

Montagem do Primeiro Módulo (M1):

Esse primeiro módulo, ou seja, a Fossa Séptica e o Filtro Biológico, devem ser montados de forma a garantir o recebimento do primeiro estágio do efluente, melhor dizendo, em sua forma *bruta*. Primeiramente, na Fossa Séptica (ou Tanque Séptico) se acumularão os resíduos contendo as partes mais sólidas. O Tanque Séptico recebe as águas residuárias que vem de atividades distintas como: descarga sanitária, despejo de lavatórios, águas do asseio corporal e de lavagem de roupas, de modo contínuo e, portanto, à entrada dessas águas corresponderá a saída de idêntica quantidade de esgoto tratado.

As principais funções do Tanque Séptico são sedimentação de partículas sólidas, digestão de lodo e armazenamento do lodo digerido. A sedimentação é caracterizada pela deposição de partículas sólidas no fundo do tanque por ação do seu próprio peso. Essas partículas assim depositadas vão formando, com o tempo, uma camada de lodo, no fundo do tanque, que vai sendo atacada e transformada (digerida) por micróbios decompositores que, assim, reduzem a quantidade de lodo. O lodo transformado ou digerido vai ficando dentro do tanque séptico até que, transcorrido o período de uso da fossa, ocorra a limpeza (CISAM, 2006).

A seguir será apresentado um desenho em corte, representando um Tanque Séptico, a Figura 13 será seguida dos cálculos iniciais para o dimensionamento, desse elemento físico responsável por fazer uma etapa de tratamento de efluentes.

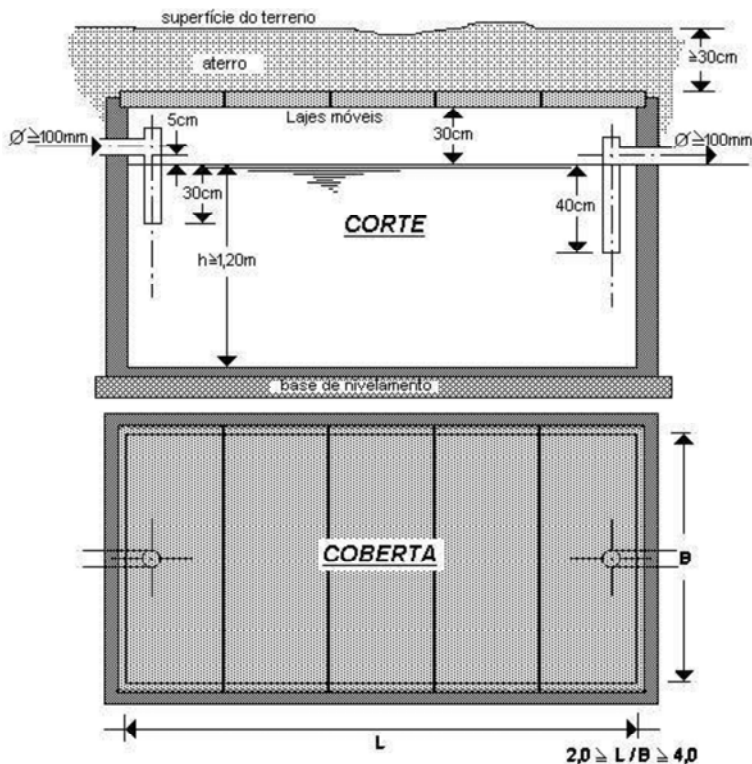


Figura 13 - Estrutura convencional de uma fossa séptica prismática de câmara única. Fonte: Filho e Feitosa (2002).

Cálculo da capacidade de um Tanque Séptico:

Esse material de cálculo, a seguir, foi adaptado do Manual de Saneamento Rural, apresentado pelo CISAM (2006).

O cálculo da capacidade (Volume Útil) de uma fossa séptica é baseado nas funções que ela desempenha, ou seja, sedimentação, digestão do lodo e acumulação de lodo digerido. Para fossa de uma única câmara ou compartimento o volume útil (V_u) será:

$$V_u = V_1 + V_2 + V_3 \quad \text{Eq. (3.7)}$$

Onde:

V1, V2, e V3 são respectivamente as parcelas de volume correspondentes às funções desempenhadas pela fossa conforme citado acima.

$$V1 = N.C.T \quad \text{Eq. (3.8)}$$

$$V2 = N.Lf.Td.R2 \quad \text{Eq. (3.9)}$$

$$V3 = N.Lf.Ta.R1 \quad \text{Eq. (3.10)}$$

Em que:

- N representa o número de usuários da fossa (pessoas);
- C = contribuição de esgotos de cada pessoa por dia (L/pessoa.dia) e, dependendo da região e do tipo de prédio, C pode variar entre 100 e 200 L/pessoa.dia;
- T = tempo de detenção hidráulica (tempo necessário para que as partículas sólidas desçam para o fundo do tanque) (dias). Normalmente igual a 1 dia;
- Lf = Contribuição de lodo fresco por pessoa por dia. Normalmente, 1 L/pessoa.dia;
- Td = Tempo de digestão do lodo fresco, ou seja, tempo necessário para que o lodo seja transformado ou digerido. No Brasil, devido às temperaturas elevadas, o tempo de digestão é em torno de 50 dias;
- Ta = Tempo de armazenamento do lodo digerido e também pode ser definido como o tempo transcorrido entre limpezas. Para fossas com limpeza anual o tempo de armazenamento é de 300 dias;
- R2 é um coeficiente, cujo valor é 0,5, que interpreta a redução de volume do lodo durante a digestão, já que metade do lodo é transformado para líquidos e gases;
- R1 é um outro coeficiente, cujo valor é 0,25, que interpreta a redução de volume do lodo digerido durante o armazenamento pelos efeitos da digestão continuada e do peso da coluna de água.

Assim o Volume Útil fica então:

$$Vu = N.C.T + N.Lf.Td.R2 + N.Lf.Ta.R1 \quad \text{Eq. (3.11)}$$

Para um intervalo entre limpezas de um ano a fórmula será:

$$Vu = N (C.T + 100 Lf) \quad \text{Eq. (3.12)}$$

Mas, pode-se entender que essa parte do cálculo é realmente teórica, pois no primeiro período de um ano é que se dá início a um verdadeiro tratamento anaeróbico, nesse tempo a biomassa forma-se mais eficientemente. Portanto, a limpeza deve ser feita com no mínimo 4 anos.

O volume útil mínimo da fossa deverá ser de 1250 L. A profundidade útil mínima de um Tanque Séptico deverá ser, de acordo com a norma brasileira NBR 7229, de 1,20 m devendo ficar claro que essa profundidade é aquela entre o nível de água e o fundo da fossa. Deverá ser deixado um espaço (folga = 30 cm) entre o nível de água e a laje de cobertura. Quando for escolhida a forma cilíndrica o diâmetro mínimo da fossa será de 1,10 metros. Para fossas prismático-retangulares (forma de caixa de sapato) a largura mínima deverá ser de 0,70 m e o comprimento deverá ser no mínimo de duas vezes a largura e máximo de quatro vezes a largura.

Em fossas de dois compartimentos, a capacidade útil deverá ser calculada de acordo com a fórmula seguinte:

$$Vu = 1,3 (N.C.T + N.Lf. Td.R2 + N.Lf.Ta.R1) \quad \text{Eq. (3.13)}$$

Sendo que para fossas com intervalos de limpeza de um ano a expressão será:

$$Vu = 1,3 N (C.T + 100 Lf) \quad \text{Eq. (3.14)}$$

O volume útil mínimo será de 1650 L. A profundidade útil mínima será de 1,20 m e a largura útil mínima 0,80 m, valendo para o comprimento as mesmas relações obedecidas no caso de fossas sépticas de câmara única. O volume da primeira câmara deverá ser de 2/3 e o da segunda 1/3 do volume útil da fossa calculado pela equação 14.

Com relação ao comprimento a mesma relação deve ser obedecida. Convém localizar um ou mais orifícios de passagem na parede intermediária a dois terços do piso e com área total de 5 a 10% da área da parede molhada.

A cobertura do tanque deverá ser executada com lajes pré-moldadas removíveis, ou seja, não rejuntadas de modo a facilitar as ope-

rações de inspeção e limpeza. Esta cobertura deverá ser coberta com uma camada de terra com pelo menos trinta centímetros de espessura de modo a impedir a penetração de insetos (baratas, por exemplo) para proliferação no interior do tanque.

A seguir uma imagem adquirida no próprio local de estudo em Santo Amaro da Imperatriz, comporá a visualização do que está sendo explicado até aqui. Essa mostra o efluente vindo do sentido esquerdo para o direito, então, com a apresentação da Fossa Séptica seguida do Filtro Biológico, os dois feitos de concreto, neste caso.



Imagem 9 – Primeiro Módulo do Tratamento de Efluentes.

Fonte: FILHO: 2010.

Já o Filtro Biológico tratará dos resíduos aparentemente mais líquidos. Como apresentado anteriormente na seção da Fossa Biodigestora Anaeróbia.

Montagem do Segundo Módulo (M2):

As principais características de montagem desses módulos são fundamentadas em condições físicas de desnível hidráulico, por sempre (ou quase sempre) ser empregada a ação da gravidade para deslocamentos de efluentes líquidos.

O fluxo é ascendente nessa segunda etapa, o encanamento é instalado na parte inferior da primeira caixa de 1000 L (Segundo Módulo), para fazer o efluente subir e ser filtrado

Essa sequência se inicia com um sistema de reservatório impermeável de 1000 L, tubulações e acessórios de proteção contra entupi-

mentos, além de que as camadas dos materiais (pedras, brita número 2, areia média, terra e barros, além de plantas terrestres, com características de raízes aptas à sobrevivência em terras muito úmidas) devem ser colocadas nas ordens que permitam a filtragem das partículas das camadas mais exaustivas primeiramente (pedras e pedregulhos), e posteriormente as mais finas (areia e terra), bem como os elementos de proteção de entupimento atuem nas específicas etapas do funcionamento.

As plantas terrestres estudadas e adaptadas para este estudo foram o Caeté (*Heliconia*) e o Lírio da Paz (*Spathiphyllum wallisi*), que tem em suas características principais, adaptem-se bem em locais muito úmidos e que conservem folhas durante todo o ano, além de possuírem raízes longas e abundantes.

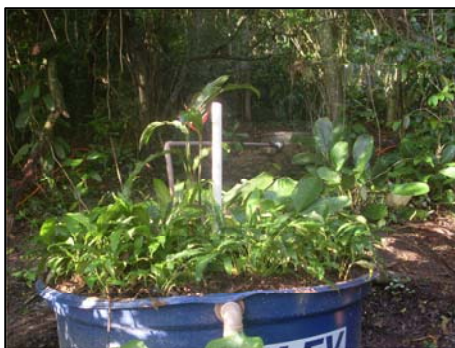


Imagem 10 – Segundo Módulo do Tratamento de Efluentes.

Fonte: FILHO: 2010.

Montagem do Terceiro Módulo (M3):

Obedecendo aos mesmos critérios de inclinação das tubulações e do sistema, para que haja melhor escoamento do efluente, esse módulo deverá ficar em um nível inferior quanto à cota do M2.

As características do reator seguem o mesmo padrão de impermeabilidade, ou seja, outra caixa de 1000 L feita de Fibra de Carbono.

Este sistema será então, composto por material líquido parcialmente filtrado, que agora será tratado pelos Aguapés (*Eichhornia crassipes*) que foram citados anteriormente, obedecendo as suas características de filtragem e limpeza da carga orgânica do efluente, estes com suas características flutuantes, removerão grande parte da carga poluidora do

esgoto doméstico do sistema de tratamento. Aqui também serão colocados exemplares do peixe Lebiste (*Poecilia reticulada*), para combater Larvas de Mosquitos, que facilmente sobrevivem em ambientes com tantos nutrientes, muito úmido, protegido e com temperatura ideal para a proliferação de mosquitos.



Imagem 11 – Terceiro Módulo do Tratamento de Efluentes.

Fonte: FILHO: 2010.

Montagem do Quarto Módulo (M4):

A disposição física dessa etapa é também localizada em níveis topográficos inferiores as demais, obedecendo aos princípios físicos da gravidade. O reservatório, assim como os anteriores, é também uma caixa de 1000 L impermeável, e irá compor o último processo de tratamento do sistema.

Nesse tanque, o efluente chegará mais puro que nos demais, e estará envolvido sob a ação de mais plantas aquáticas que tem a função de absorver microorganismos ainda contidos nesse líquido, além de produzirem oxigênio nesse ambiente. Essas outras plantas aquáticas, não são mais os Aguapés e sim a Alface d'Água e a Cabomba. A Alface d'Água, assim como o Aguapé, possui raízes longas e finas, são submersas e retiram nutrientes das águas carregadas de elementos simples como o nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, ferro, manganês e alumínio. A etapa metabólica, ou fisiológica apresentada anteriormente, cumpre-se quando essas plantas absorvem esses elementos presentes na água e os transforma, através da fotossíntese, em biomassa ou matéria verde.

Ainda estarão participando desse módulo (M4), os peixes Lebis-tes com a função de controlar as Larvas de Mosquitos. Os peixes além de consumirem as larvas, irão servir de comprovante do grau de purifi-cação da água, pois são sensíveis e não sobreviveriam em águas muito contaminadas.

Filho (2010) afirma que a espécie desse animal aquático já foi testada anteriormente, como predador voraz de larvas, por Marcos Silva, Piscicultor da cidade de São Paulo e pesquisador de Aquicultura.



Imagem 12 – Quarto Módulo do Tratamento de Efluentes.

Fonte: FILHO: 2010.

Para dar desfecho na construção do sistema, devem ser feitos os Testes de Fluxo dos efluentes.

Então, a observação de que o deslocamento natural é imprescindível para o funcionamento correto do sistema. Há de se tomar cuidado com o transbordamento dos reatores, pois isso poderá ocorrer quando o volume de entrada de líquido foi maior do que a vazão do sistema, ou se os tubos usados nas ligações não estiverem bem dimensionados para o escoamento dos efluentes.

E, por fim, a Ligação Definitiva do Sistema, que deverá ser executada após serem realizados todos os testes anteriores. O sistema se completará com a plantação, imersão e submersão das plantas devidamente escolhidas, por suas raízes atenderem os pré-requisitos de purificação da água e povoamento dos peixes. Serão, então, necessários alguns cuidados para o sucesso do implemento, como por exemplo, não sobrecarregar de imediato os recipientes de tratamento, pois vários inte-

grantes do sistema, são colocados advindos de outro ambiente com características totalmente diferentes. Nesse caso eles deverão se adaptar aos poucos. Quando introduzidos no seu espaço definitivo, os peixes deverão ser acondicionados a mesma temperatura do local de seu hábitat anterior.

A ligação do sistema aos receptores iniciais (M1), só será efetuada após todas as outras estarem totalmente testadas e asseguradas de suas funcionalidades, pois seria desagradável a reinstalação após já estar em funcionamento, salvo que um desmontamento poderá ocorrer para fins de manutenção.

4.4.3. Privada com Fossa Seca (FUNASA)

4.4.3.1. Contexto do Sistema de Tratamento de dejetos sólidos composto por Privada com Fossa Seca

Esse tipo de tratamento de dejetos humanos foi planejado e projetado somente para o caso de não haver disponibilidade hídrica na região da implantação da tecnologia.

Tal sistema possui uma grande variedade de estudos, hoje em dia. Pois em muitas universidades, eles são denominados “Banheiro Seco”, inclusive na nossa UFSC, ele é estudado por alunos de diferentes cursos em diferentes situações. Como por exemplo, pelos alunos da Engenharia Sanitária e Ambiental, como a Sofia Silva Lemos, em parceria com alunos da Biologia e Agronomia, desenvolveram e construíram o Banheiro Seco Compostável, no pátio do CCA (Centro de Ciências Agrárias), onde um protótipo foi desenvolvido para suportar a utilização de certa quantidade de pessoas, por dia, e por certo período de tempo. E então, o “composto” pode ser adicionado às Leiras de Compostagem da Composteira Central do CCA, porém nessa tecnologia, utiliza-se serra-gem e folhas secas sobre os dejetos para realizar um primeiro tratamento biológico nas fezes, e então misturá-las a um sistema de compostagem central.

Existem outros estudos envolvendo alunos da Engenharia Sanitária e Ambiental, como no Grupo de Estudos em Saneamento Descentralizado (GESAD), do próprio departamento, onde a doutoranda Maria Elisa Magri coordena estudos (juntamente com o Professor responsável pelo laboratório, Luis Sérgio Philippi), sobre a construção de um Banheiro Seco no pátio do Hospital Universitário no Campus Trindade da UFSC. Nesse local, foram feitas oficinas, para construção de “Vasos Segregadores” para separar a urina das fezes (pois esse processo de tratamento é interferido com a presença de líquidos, ainda mais a urina, com suas fortes propriedades químicas). Nesse sistema o composto orgânico não é compostado e sim, seco, através de materiais como a cal virgem, as cinzas de madeiras (sem nenhum aditivo como sal, ou açúcares) e até mesmo raspa e pó de cascas de ostras. É um trabalho bem executado e acompanhado por várias pessoas, como alunos de mestrado, da graduação e técnicos de laboratório.

Outro estudo sobre o assunto foi feito por Joana Lentz Marques, com o estudo de caso do Banheiro Seco Compostável do Instituto Içara,

no Sítio ÇaraKura, no bairro de Ratones em Florianópolis – Santa Catarina. Onde a aluna de graduação, mostrou a eficiência de remoção de patógenos, além do potencial orgânico do composto gerado no fim do processo de tratamento de fezes.

São estudos muito bem elaborados e criteriosos. Porém, nesse trabalho esta tecnologia teve pouco espaço para discussão, pois a abordagem do tratamento das fezes, sem a presença de oxigênio (Anaeróbia) já foi realizada nos estudos da Fossa Biodigestora.

Então, foca-se aqui, as maneiras práticas de construção da tecnologia e especificações como a “localização” dela no terreno a ser implantada além dos “detalhes construtivos” de sua elaboração.

Portanto, a seguir, serão apresentados os procedimentos práticos para construção de uma Privada com Fossa Seca.

4.4.3.2. Procedimentos Práticos

É uma solução individual para tratamento e destinação final dos esgotos domésticos, onde, não existe água encanada. O texto para apresentação dessa tecnologia foi adaptado do livro denominado Manual de Saneamento: Orientações Técnicas; da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) elaborado em 2006, com o intuito instruir as pessoas sobre como proceder em cada situação envolvendo saneamento básico em sua região de moradia.

O livro abrange temas como a Água, os Resíduos Sólidos, a Drenagem Urbana, Alimentos, Biologia e controle de Artrópodes, Controle de Roedores, noções de Topografia, além do tema mais observado por mim, neste momento, o Esgotamento Sanitário.

Definição:

A Privada com Fossa Seca compreende a casinha e a fossa seca escavada no solo, destinada a receber somente as excretas, ou seja, não dispõe de veiculação hídrica. As fezes retidas em seu interior se decompõem ao longo do tempo, por um processo denominado “Digestão Anaeróbia”, anteriormente explicada na revisão bibliográfica, com os textos da Fossa Biodigestora Anaeróbia.

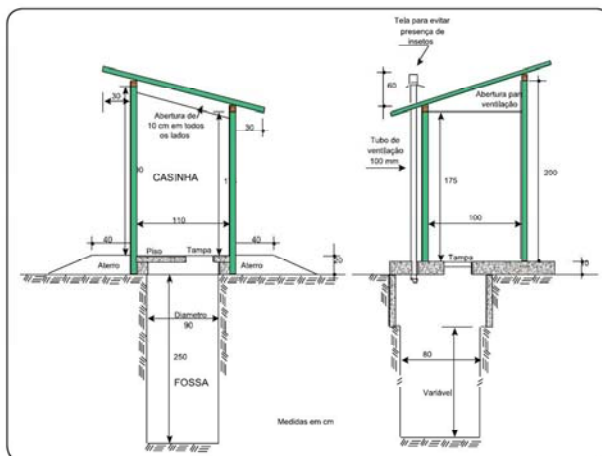


Figura 14 - Privada com Fossa Seca e Privada com Fossa Seca Ventilada.
Fonte: Funasa, 2006.

Localização:

Esse sistema de tratamento de esgotos domésticos deve prioritariamente, estar localizado em locais livres de enchentes e deve ser facilmente acessível aos usuários. Distante de Poços de Captação, Fontes e Nascentes de Água, além de haver a necessidade de ser construído em cota inferior a esses mananciais, a fim de evitar a contaminação dos mesmos. A distância varia com o tipo de solo e deve ser determinada localmente. Para fins de execução, é necessário adotar um padrão, de distância mínima de segurança, dos mananciais, sendo esse padrão, de 15 metros.

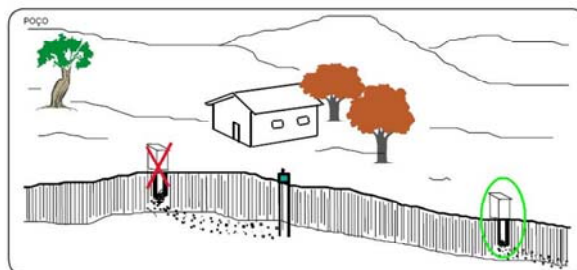


Figura 15 - Localização da Fossa Seca.
Fonte: Funasa, 2006.

Dimensionamento:

Para o dimensionamento da Fossa Seca, deverá ser levado em consideração o tempo de vida útil da mesma e as técnicas de construção. As dimensões indicadas para a maioria das áreas rurais são as seguintes:

- Abertura circular com 90 centímetros de diâmetro, ou abertura no formato quadrado com 80 centímetros de lado;
- A profundidade varia com as características do solo, o nível da água no lençol freático, além das condições naturais do terreno, recomendam-se valores em torno de 2,5 metros.

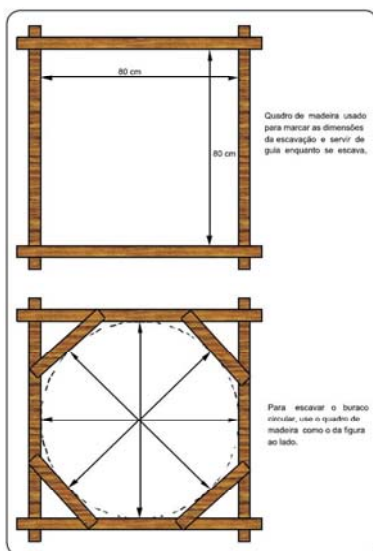


Figura 16 - Escavação da Fossa.

Fonte: Funasa, 2006.

Detalhes Construtivos:

1) Revestimento da Fossa

Em terreno pouco consistente, a Fossa será revestida com Manilhas de Concreto Armado, Tijolos e Madeiras.

2) *Assentamento da Base*

O material para a base poderá ser: Tijolos, Madeira, Concreto Armado ou Blocos de Concreto.

A finalidade da Base é fazer a distribuição uniforme do peso da casinha sobre o terreno, servir de apoio ao piso e proteger a Fossa em si, impedindo a entrada de pequenos animais, como as baratas e insetos, além de pequenos roedores e outros animais.

A Base deve elevar-se cerca de 20 centímetros da superfície do solo.

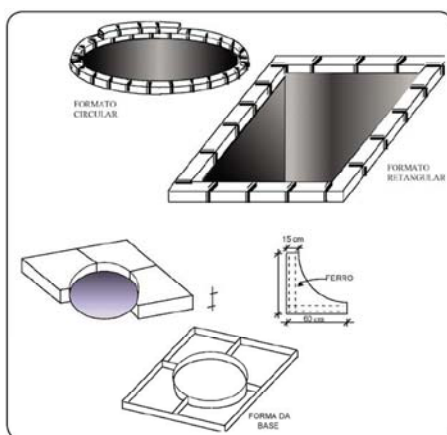


Figura 17 - Formatos da abertura da vala para construção da Fossa.

Fonte: Funasa, 2006.

3) *Piso (Laje da Privada)*

Deve ser assentado horizontalmente sobre a base, fazendo a cobertura da fossa.

A fim de suportar o peso do usuário, deve ser construído de material resistente como o Concreto Armado ou Madeira de boa qualidade.

O Piso dispõe de uma abertura destinada à passagem dos dejetos para dentro da Fossa e por motivos de higiene, é preferível não instalar assento sobre a mesma. Entretanto, deve-se atender, neste caso particular, aos hábitos e costumes da população.

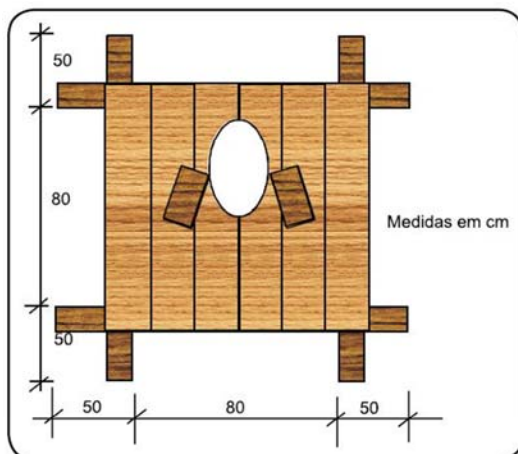


Figura 18 - Base e Piso de Madeira para Privada.
Fonte: Funasa, 2006.

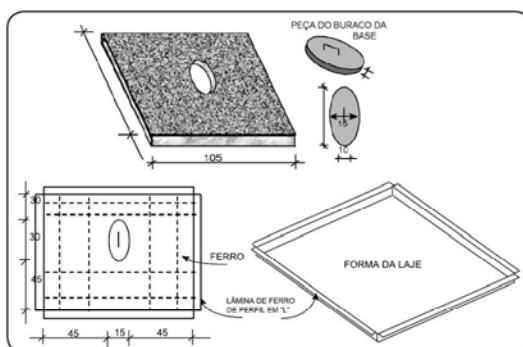


Figura 19 - Laje de Concreto para Piso de Privada (medidas em “cm”).
Fonte: Funasa, 2006.

4) Aterro de Proteção (Montículo)

Aproveitando a própria terra retirada na escavação da fossa, fazer um aterro compactado até a altura da base, formando uma plataforma, em torno da privada. Sua finalidade é proteger a Base, desviar as águas de chuva e dificultar a entrada de parasitas, insetos e roedores.

Para uma maior durabilidade, é recomendado ou aconselhável que se plante grama sobre a essa terra do Montículo.

5) *Casinha*

A finalidade da casinha é abrigar o usuário e completar a proteção da Fossa.

É conveniente que o recinto seja mantido em penumbra para evitar a presença de moscas. Por isso, a porta deverá permanecer sempre fechada (quando não estiver em uso, prioritariamente) e a ventilação ser feita através de pequenas aberturas no topo das paredes.

Se, por um lado, as dimensões estão condicionadas ao custo mínimo de implantação do sistema todo, por outro devem oferecer um mínimo de conforto ao usuário, isso é imprescindível no que tange a projetos a serem executados para o uso popular, como aqui proposto.

A área recomendada para o Piso é de $1,00 \text{ m}^2$. A altura das paredes, 2,00 metros na frente e 1,75 metros na parte de trás da Casinha. Quanto à cobertura, deverá ter um Beiral de 0,30 metros, a fim de proteger a estrutura das paredes, pela ação das chuvas.

Existe uma grande variedade de materiais empregados na confecção da Casinha. Entretanto, a preferência será àqueles de maior disponibilidade no mercado, menor custo e maior resistência:

Para as Paredes: Tijolos, Madeira, Adobe, Taipa, Blocos de Concreto e Placas de Concreto Armado.

Para o Telhado: Telhas Francesa e Colonial, Chapas Onduladas de Cimento Aminanto, Zinco e Alumínio, além de Placas de Concreto Armado.

A Porta é geralmente construída de Madeira. Por uma questão de mobilidade e comodidade, deve ser instalada abrindo para fora, contudo, para ficar mais bem protegida e ter maior durabilidade poderá ser construída de forma a abrir para dentro.

6) *Casinha pré-fabricada de Placas de Cimento*

Possui paredes e cobertura confeccionadas com placas de Cimento Armado de 2,5 centímetros de espessura. Em algumas regiões do Brasil, é de custo menor que as casinhas comuns de alvenaria de tijolos. Apresentam ainda como vantagens a construção em série, a montagem

rápida e boa resistência à intempérie, além de obter um melhor aspecto no produto final.

A armação é feita com Arame número 8 ou 10, Arame Farpado, Vergalhão 3/16” ou ainda tela de Arame. A frente é construída de três placas, sendo uma superior e duas laterais. Em uma dessas placas laterais é adaptado um sarrafo ou uma ripa de madeira destinada à montagem da porta. A Cobertura compõe-se de duas placas e as paredes laterais e traseiras, duas ou três placas cada uma. Durante a montagem, as placas serão unidas com Arame ou Argola e Gancho (fundidos na própria placa). O rejuntamento das placas deve ser feito com Argamassa de Cimento, tomando internamente a forma de “bisel” (denominação para algo, oblíquo, inclinado).

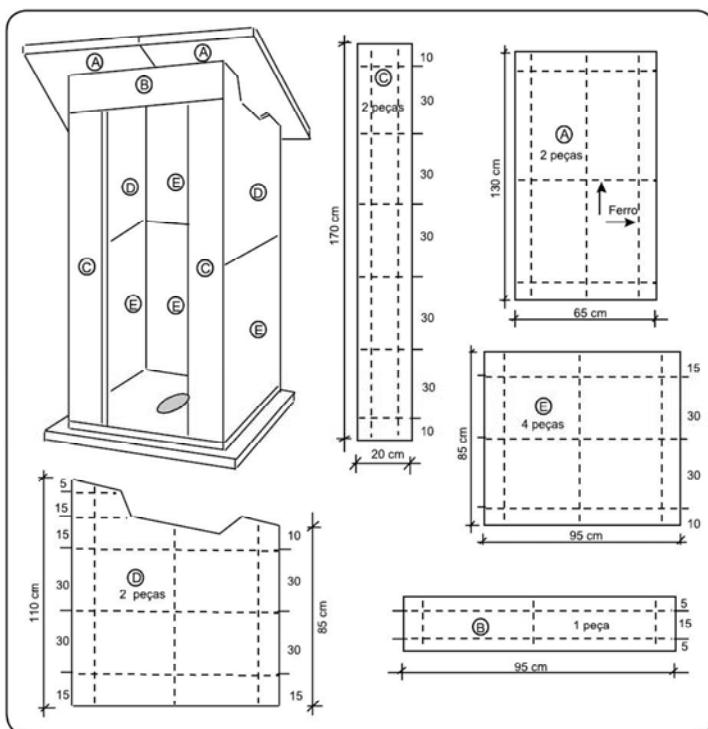


Figura 20 - Casinha pré-fabricada em Placas de Cimento.

Fonte: Funasa, 2006.

7) *Tampa da Privada*

A abertura do Piso deve ser mantida fechada quando a Privada não estiver em uso, a fim de evitar a proliferação de moscas e mosquitos, além de evitar que (se existir, no momento) algum mau cheiro se exale, desagradando quem estiver por perto do sistema.

8) *Ventilação*

O acúmulo de gases no interior da Fossa resulta no seu desprendimento abrupto, no momento em que o usuário retirar a tampa do buraco do Piso. A fim de evitar essa condição desconfortável, recomenda-se instalar um *Tubo de Ventilação da Fossa*, localizando-o na parte interna da casinha, junto à parede, com a extremidade superior com cota maior que a do telhado.

9) *Manutenção:*

Sendo essa tecnologia uma Fossa Seca, é contra-indicado o lançamento de água no seu interior. Deverão ser lançados apenas os dejetos e o papel higiênico (papel de limpeza). Entretanto, se ocorrer mau cheiro, recomenda-se empregar pequenas porções de sais alcalinizantes, como sais de sódio, cálcio e potássio, sendo comum o uso de *cal* ou *cinza*.

Justifica-se essa medida pelo mau cheiro que a excreta desprende em fase da digestão ácida (séptica). No início da digestão, há tendência para o desenvolvimento de bactérias próprias do meio ácido, responsáveis pela produção de compostos voláteis mal cheirosos como ácido sulfídrico, mercaptanas, escatol, ácido caprílico, butírico e outros. Entretanto, com pH elevado, haverá o desenvolvimento de bactérias responsáveis pela produção de gases incolores, como metano e gás carbônico.

A porta da casinha deve estar sempre fechada e o buraco tampado quando a fossa estiver fora de uso.

Vantagens e Desvantagens:

I.Vantagens:

- Baixo custo;
- Simples operação e manutenção;
- Não consome água;
- Risco mínimo à saúde;
- Recomendada p/ áreas de baixa e média densidade;
- Aplicável a tipos variados de terrenos;
- Permite o uso de diversos materiais de construção.

II.Desvantagens:

- Imprópria para áreas de alta densidade;
- Podem poluir o subsolo;
- Requer solução para outras águas servidas.

4.4.4. Círculo de Bananeiras

4.4.4.1. Contexto do Sistema de Tratamento de Efluentes com Círculo de Bananeiras

O círculo de bananeira é usado para tratar as águas usadas da casa (pias, tanques e chuveiros), as chamadas águas cinzas. Ele também beneficia a produção de bananas em escala humana.

Essa técnica de tratamento de efluentes líquidos se encaixa perfeitamente com a utilização de um sistema de tratamento com Fossa Biodigestora. Pois, enquanto uma tecnologia pode tratar somente as “águas cinzas” a outra pode tratar somente as “águas negras”, então, elas somadas fornecem um ótimo resultado para o tratamento dos efluentes de uma residência. Essas tecnologias unifamiliares de tratamento de esgotos domésticos são, portanto, de simples execução, porém de grande fundamentação e sustentabilidade.

Essa técnica de plantar bananas ou outras culturas em formatos circulares originou-se da observação dos efeitos dos fortes ventos sobre a cultura dos cocos. Numa clareira os coqueiros caídos davam origem a círculos de coqueiros que nasciam, se desenvolviam e produziam melhor do que quando sós. O padrão natural observado foi que no centro do círculo se depositavam folhas, ramos, frutos, etc, que retinham a umidade e concentravam nutrientes, beneficiando a cultura dos coqueiros. Dessa observação, passou-se em seguida às experiências com outras culturas, como a da banana.

No caso das bananeiras percebeu-se que elas, como outras plantas de folhas largas como o mamoeiro, evaporavam grandes quantidades de água e estabeleceu-se assim uma relação com as águas cinzas das residências. Essa ligação é feita entre a necessidade de se tratar a águas que saem das pias e chuveiros das residências com a grande capacidade de evaporar (tratar) dos círculos de bananeiras. E isso é uma das bases do design na permacultura, estabelecer relações positivas, sinérgicas entre os elementos de um sistema vivo. A Figura 21 ilustra a apresentação de um sistema de Círculo de Bananeiras.

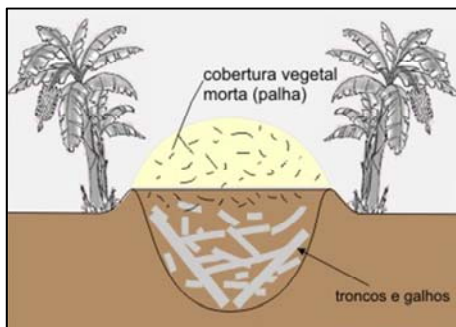


Figura 21 – Apresentação de um Círculo de Bananeiras.

Fonte: Setelombas, 2011.

4.4.4.2. Procedimentos Práticos

O material utilizado para a apresentação desse sistema de tratamento foi o site do Setelombas um sítio situado no estado de Santa Catarina em região próxima a Criciúma e Siderópolis. Esse sítio possui grandes histórias sobre eco-turismo, além da diversidade de estudos biológicos, agricultores e permacultores. O sítio e este material são coordenados por Itamar Vieira, um permacultor e administrador de empresas. No ano de 2006, Itamar escreveu um artigo sobre o sistema de tratamento de águas cinzas com Círculos de Bananeiras, deste artigo eu exprimi informações que complementaríamos este trabalho.

Construção:

O trabalho começa com a construção de um buraco, em forma de concha, com 1 m cúbico de volume. Lembre-se que a terra retirada do buraco é colocada na borda aumentando a altura do buraco.

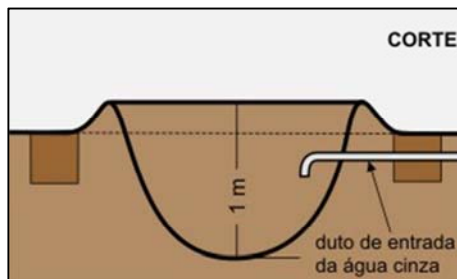


Figura 22 – Desenho em Corte de um Círculo de Bananeiras.

Fonte: Setelombas, 2011.

Os sistemas vivos não seguem projetos do papel, pois podem modificar-se facilmente, em função dos movimentos naturais impulsionados pelos ventos e chuvas principalmente. Então mais importante do que seguir as dimensões apresentadas, é procurar observar no local, o solo, a insolação, incidência de geadas, etc. para definir melhor como será o círculo de bananeiras da residência.

O buraco, depois de pronto, deve ser preenchido com madeira e palha para criar um ambiente adequado para o recebimento da água cinza e para beneficiar a micro vida.

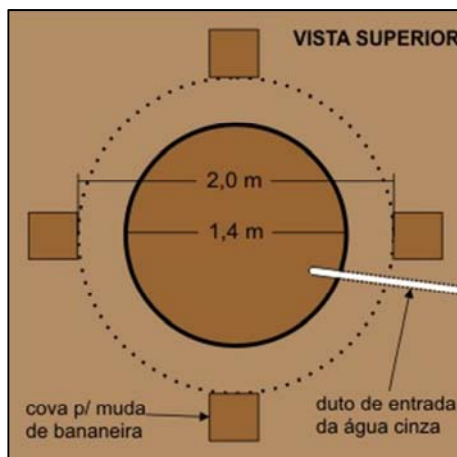


Figura 23 – Desenho em Vista Superior de um Círculo de Bananeiras.

Fonte: Setelombas, 2011.

Isso é feito primeiro colocando pequenos troncos de madeira grossos no fundo. Em seguida galhos médios e finos de árvores e por último a palha (aparas de capim, folhas, etc.) formando um monte com quase 1 metro de altura acima da borda do buraco.

A madeira deve ser colocada de forma desarrumada, para que se criem espaços para a água. A palha em cima serve para impedir a entrada da luz e da água da chuva, que escorrerá para os lados não inundando o buraco e não se contaminando com a água cinza. A imagem a seguir, ilustra o que foi apresentado sobre o buraco.



Imagem 13 – Buraco de tratamento, com madeiras, galhos e palhas.

Fonte: Portal Paisagismo, 2011.

A água cinza deve ser conduzida por um tubo até o buraco e com um joelho na ponta para evitar o entupimento. Não usar valas abertas para a condução da água, assim mosquitos e outros animais indesejados não terão como se desenvolver. E os microorganismos da compostagem terão um ambiente perfeito para fazer o seu trabalho. A tubulação de transporte da água cinza pode ser ilustrada na imagem a seguir.



Imagem 14 – Tubos de transporte da água cinza ao buraco de tratamento.
Fonte: Portal Paisagismo, 2011.

Plantio:

As bananeiras podem ser plantadas de diversas maneiras. Mas eu prefiro usar o rizoma inteiro ou uma cunha (parte de um rizoma) com uma gema visível. Após fazer as covas (no mínimo 30x30x30 cm) deve-se enchê-las com bastante matéria orgânica (palhas, folhas, etc.) misturada com terra. Antes de preencher totalmente o buraco, na hora de colocar o rizoma, posicione para que a gema fique para o lado de fora do círculo e inclinado de forma que a bananeira nasça caída para fora. Essa inclinação da bananeira é mais fácil de ser conseguida quando plantada a partir de rebentos. Isso facilitará a colheita e o manejo das bananeiras. O rizoma deve ficar há uns 10 cm, em média, abaixo do nível do solo.

Ao redor do círculo, também é indicado o plantio de mais plantas de folha larga como a taioba, o mamoeiro e entre elas batata doce ou outras plantas rasteiras para cobrir todo o espaço. Em pouco tempo o círculo irá se transformar em um nicho de fertilidade que vai se espalhar pelo entorno.



Imagem 15 – Pequenas Bananeiras crescendo após o plantio.
Fonte: Portal Paisagismo, 2011.

Cuidados:

A água cinza não deve conter águas dos vasos sanitários. Estas deveriam ir para outros sistemas apropriados para o seu tratamento. Como no caso apresentado anteriormente, a Fossa Biodigestora seria um ótimo tratamento para existir em paralelo ao Círculo de Bananeiras, em uma residência rural.

Nas pias e chuveiros deve-se evitar o uso de detergentes químicos e outras substâncias tóxicas como cloro, etc., pois estas substâncias matam os microorganismos e impedem a compostagem dos nutrientes contidos na água cinza com a madeira.

Se o volume de água cinza produzido na casa for maior do que a capacidade de recebimento do círculo, a melhor solução é construir outro círculo interligando ao primeiro. A água cinza entra por cima no primeiro e sai no nível máximo por meio de outro tubo e segue para o segundo círculo. Conforme a situação pode-se ter uma bateria de círculos interligados.

A imagem a seguir exemplifica um sistema bem executado e com boa manutenção.



Imagem 16 – Sistema bem executado.

Fonte: Portal Paisagismo, 2011.

Manejo:

Sempre colocar aparas de poda (grama, capim, galhos) no centro para alimentar o círculo e evitar que o buraco seja inundado com a água da chuva.

Após colher o cacho de bananas, deve-se cortar a bananeira bem na base e em pedaços de 1 metro, rachar ao meio (longitudinal) e também colocar no centro do círculo. A cada 3 anos (ou mais) todo o material depositado no buraco pode ser retirado (quando os troncos se dissolverem) e usar como adubo orgânico na horta. E repor novo material como no início da implantação do círculo.

Vantagens no tratamento e reuso local de águas cinzas:

- Promove a recarga do lençol freático;
- Diminui o consumo de água tratada (para irrigação);
- Mantém os nutrientes no local;
- Promove o crescimento das plantas e árvores;

- Diminui o volume de esgoto e consequentemente o impacto em fossas e na rede de tratamento;
- Causa menor demanda de energia e uso de químicos;
- Conscientiza o usuário da importância de usar produtos de limpeza biocompatíveis.

5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho emprega, de maneira simplificada, as seguintes situações enumeradas: 1) Identificação de tecnologias de esgotamento doméstico, (compreendendo: a) Pesquisa Bibliográfica de tecnologias alternativas de esgotamento rural, b) Trabalho de Campo na aplicação de uma dessas alternativas); 2) Construção do Manual Simplificado compreendendo a seleção das tecnologias escolhidas por sua praticidade e eficiência; 3) Divulgação do material composto pelo Manual Simplificado, através de veículos de comunicação digital de instituições catarienses. Tais situações serão mais bem apresentadas nos itens a seguir.

5.1. Identificação das Tecnologias de Esgotamento Doméstico

Dentre um grande grupo de tecnologias existentes pelo mundo, no que tange as tentativas do ser humano melhorar ou minimizar alguns impactos para com o meio em que está inserido, e pensando em situações que proporcionem o tratamento das águas utilizadas para fins de saneamento de suas famílias, algumas dessas tecnologias de tratamento unifamiliar de esgotos domésticos tiveram seu lugar de destaque para este trabalho de conclusão de curso.

E foi pensando em diversos pontos do esgotamento que as tecnologias foram destacadas e apresentadas aqui. Em pontos e situações, envolvendo termos chavões, como as *ambientais*, *econômicas* e *sociais*, assim como quase tudo que envolvem tomadas de decisão no meio de trabalho de um Engenheiro Sanitarista e Ambiental.

No que diz respeito às questões *econômicas*, foram mais visadas para incorporar o trabalho, aquelas que tivessem um baixo custo quanto à montagem, manutenção e operação; as questões *sociais* se inclinaram às questões das regiões onde esses tratamentos tivessem melhor utilização, ou seja, nas regiões com ausência de redes e tratamento coletivo de esgotos, em regiões onde não há grandes conhecimentos sobre a importância do tratamento dos efluentes domésticos, além de serem propostas “unifamiliares” que compreendem a utilização em pequena escala, de maneira descentralizada e com peculiaridades suficientes para necessitar algum tipo de manutenção; já(?) as questões *ambientais* tiveram um objetivo norteador, que era o de estudar tecnologias que a apresentassem utilidades diversificadas, do efluente final tratado, além de diversas outras questões ambientais, como a eficiência biológica da remoção de

nutrientes e contaminantes, dos tratamentos, e também a possibilidade de implantação em variados ambientes e climas.

5.2. Construção do Manual Simplificado de Tecnologias Unifamili-ares de Tratamento de Efluentes Domésticos

5.2.1. Tecnologias:

As informações contidas nessa metodologia serão parte integrante do documento digital que formará o Manual Simplificado de Tecnologias de Esgotamento Unifamiliar, produto mais importante deste trabalho, escrito e apresentado em formato digital em Apêndice a este trabalho. Mesmo que seja apenas a simples e primordial ideia de execução da pesquisa, agrupar um material existente e compartilhar um pouco da informação adquirida nos anos de estudos na universidade foi e será a ideia norteadora dessa monografia.

O termo “construção” (utilizado no título deste trabalho) teve de ser bem pesquisado e, portanto, utilizado com rigor para se enquadrar no intuito da realização do trabalho. O termo “construir” foi entendido como “*juntar diferentes elementos para formar um todo; combinar partes*”. Diferentemente de outro termo erroneamente utilizado anteriormente que era “elaborar”, e este foi entendido, após pesquisa, como “*criar de forma detalhada*”. Ou seja, o primeiro termo confere ao trabalho o que ele realmente é, uma junção de diferentes elementos tecnológicos para formar um todo, que é o documento digital, apresentado práticas ambientais em esgotamento doméstico.

Para compor as páginas do documento, foram escolhidas algumas tecnologias que tivessem apresentado algum diferencial no contexto em que estavam inseridas, ou seja, no esgotamento doméstico, para representar uma mudança e melhora nas ações humanas para tratar um efluente gerado nas ações diárias de sobrevivência fisiológica.

De posse desses entendimentos, de compartilhar informação e das tecnologias diferenciadas em esgotamento unifamiliar, foram pesquisadas diversas maneiras de tratar o efluente fisiológico humano. Dentre as várias tecnologias pesquisadas, três tiveram seu lugar de destaque para compor o corpo deste trabalho.

A *Fossa Biodigestora*, o *Tratamento de Efluentes Líquidos com Zona de Raízes e Piscicultura* e a *Privada com Fossa Seca* tiveram suas razões de existência e procedimentos de tratamento expostos aqui, pelo fator principal escolhido, que foi o “produto final do tratamento”.

Esse “produto final do tratamento” nada mais é do que o modo como a tecnologia apresentará o efluente final, depois de tratado.

Por exemplo: a *Fossa Biodigestora* produz um efluente final que se torna um ótimo biofertilizante e proporciona economia ao produtor rural, caso ele queira substituir o fertilizante químico por este, biológico. E se não houver vontade em produzir o biofertilizante, o sistema ainda pode contar com uma “caixa de areia filtrante” tornando o efluente, um líquido com características muito próximas a uma condição ótima de lançamento em corpos d’água.

O *Tratamento de Efluentes Líquidos com Zona de Raízes e Piscicultura* gera um efluente visualmente “limpo”. Pois a água de saída do sistema apresenta-se incolor e inodora. Com essa situação de imediata sensação de boa eficiência na remoção de nutrientes, do sistema de tratamento de esgotos, foi que se teve a ideia de provar essa eficiência fazendo, então, uma Análise da Qualidade da Água desta tecnologia.

Essa análise será discutida a seguir, informando os parâmetros estudados e somente então, nos Resultados do trabalho, essa análise será discutida.

Uma figura representando um mapa real de Santo Amaro da Imperatriz é apresentada a seguir, enfatizando a existência do Rio Cubatão, pintado em azul, que é o Manancial Principal utilizado pela CASAN (Companhia Catarinense de Águas e Saneamento) para tratar água e abastecer o município de Florianópolis, capital do estado de Santa Catarina. O rio Cubatão fica destacado, pois na região de Santo Amaro, é evidente a presença de casas muito próximas ao talude do rio, além de pequenas culturas de cebolas e mandiocas, entre outras possíveis fontes de contaminação deste potencial manancial.

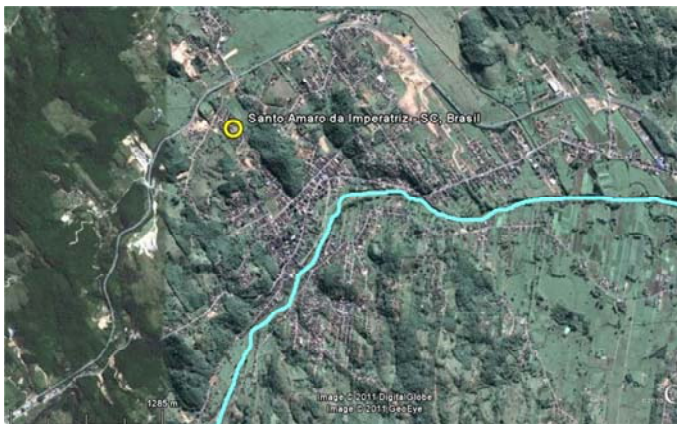


Figura 24 - Santo Amaro da Imperatriz.
Fonte: Google Earth.

Já a *Privada com Fossa Seca*, apresentada pela FUNASA, não necessita água em nenhuma parte do tratamento do esgoto sólido. E o produto final do tratamento, é uma biomassa seca, que pode ser utilizada de maneira regulada, nas culturas de frutíferas e hortaliças, para melhorar os produtos da agricultura, da família que o utilizar.

E, por último, o sistema de tratamento de “águas cinzas” com o *Círculo de Bananeiras* onde o produto final são as próprias bananeiras com frutos nutridos e abundantes. O sistema utiliza basicamente das águas de pia e chuveiro, assim como da área de serviço da casa.

Com um buraco cavado no chão recheado de matéria orgânica como galhos e palhas esse “composto orgânico” formado na deposição das águas cinzas com os elementos naturais, proporciona condições muito boas a cultura de vegetais como a bananeira. Visto que essa planta evapo-transpira uma quantidade enorme de água, cerca de 15 até 80 litros por dia, de acordo com a estação do ano, variedade, clima local, etc. Com essa característica de absorver tanta água, a bananeira apresenta-se então, como um ótimo espécime a ser cultivado para esse tratamento de água.

Portanto, após pesquisar muito sobre tecnologias de saneamento rural e definir as que seriam abordadas neste trabalho, foi feita uma montagem do material escrito para compor este, com outras figuras e textos explicativos, para então compor o produto final e mais importante desta monografia.

No Apêndice 1, será apresentado um arquivo em formato PDF (*Portable Document Format*), ou seja, um documento em formato portátil, com o título de “Manual Simplificado de Esgotamento Doméstico para Zona Rural” para divulgar e apresentar em instituições catarinenses. Para então, as informações chegarem às mãos dos produtores rurais e pessoas interessadas em investir em uma mudança de seus hábitos ambientais.

5.2.2. Análise dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos:

As análises foram feitas para a tecnologia de Santo Amaro da Imperatriz, *Tratamento de Efluentes Líquidos com Zona de Raízes e Piscicultura*, com o intuito de dar algum retorno ao autor do projeto. Pois em quatro anos de pesquisa, a maior vontade que ele tinha era de analisar a qualidade da água de saída de seu sistema, para avaliar sua eficiência em remoção dos parâmetros analisados.

Essas análises poderiam ser feitas entre cada módulo do sistema, para assim avaliar a eficiência de cada módulo. Porém, por este trabalho não estar vinculado a nenhum projeto do Laboratório Integrado do Meio Ambiente e, em decorrência disso, não dispor de recurso financeiro para sua realização, as análises foram feitas com os pontos de *Entrada* e *Saída* do sistema de tratamento, para assim, avaliar a eficiência dele como um todo. Ou melhor, avaliar a eficiência do sistema todo, mostrando como a água entra e como ela sai, depois de passar pelos tanques sépticos, filtros biológicos e zonas de raízes.

As análises físico-químicas e bacteriológicas das amostras coletadas foram realizadas no Laboratório Integrado do Meio Ambiente (LIMA). Com o auxílio de pessoal técnico especializado para a realização da coleta e análises destas, o laboratório procede tais análises de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

Os parâmetros avaliados nesta seção foram: Demanda Química de Oxigênio total, Nitrogênio Inorgânico (série nitrogenada de amônia, nitrito e nitrato), Fósforo Ortofosfato, Potencial Hidrogeniônico, Alcalinidade total, Sólidos em Suspensão, Sólidos Totais, Voláteis e Fixos, além de Coliformes Totais e *Escherichia coli*. As análises, como mencionado no parágrafo anterior, foram realizadas segundo recomendações do *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

Tratando-se de cada parâmetro individualmente e a metodologia aplicada para mensurá-los temos então:

Demanda Química de Oxigênio (mg.L^{-1})

Digestão em refluxo fechado - método colorimétrico – Standard Methods 5220D (APHA, 1998). Já a leitura, foi realizada em espectrofotômetro HACH®.

Série Nitrogenada (mg.L^{-1})

Para quantificar as espécies de nitrogênio foram utilizados três métodos: Nitrogênio Amoniacal, Nitrito e Nitrato. O primeiro fundamenta-se em três etapas (digestão, destilação e titulação) para mensuração da quantidade de nitrogênio amoniacal. O método utilizado foi o colorimétrico de Nessler. E a leitura do resultado feita em espectrofotômetro HACH®.

Já as análises de nitrito e nitrato serão realizadas através dos métodos colorimétricos “com Brucina” integrados à espectrofotometria para completar a proporção mg/L de nitrogênio total na amostra. E a leitura do resultado feita em espectrofotômetro HACH® (APHA, 1998).

Fósforo Total (mg.L^{-1})

O fósforo apresenta-se incorporado no ecossistema sob diversas formas, e para quantificar a sua totalidade, foi utilizado um método que mensura a concentração de ortofosfatos na amostra, após transformar qualquer espécie de fósforo à PO_4^{3-} através de diversos reagentes, método conhecido como Método Colorimétrico Ácido Vanadomolibdosfórico. E a leitura do resultado feita em espectrofotômetro HACH® (APHA, 1998).

pH

Método Eletrométrico - Standard Methods 4500- H^+ (APHA, 1998). Com leitura realizada em pHmetro digital, modelo B474 - MICRONAL®.

Alcalinidade ($\text{mgCaCO}_3.\text{L}^{-1}$)

Para realização da análise desse parâmetro, foi utilizada a “Titulação potenciométrica com solução de H_2SO_4 0,02N” – Standard Methods 2320B (APHA, 1998).

Sólidos em Suspensão e Sólidos Totais (mg.L^{-1})

Para analisar estes parâmetros, foi utilizado o “Método gravimétrico - filtração em membrana de fibra de vidro e secagem a 105°C ” - Standard Methods 2130B (APHA, 1998).

Coliformes Totais e *Escherichia coli* (NMP.100mL^{-1})

O método utilizado para análise de coliformes totais é o do Coli-lert[®]. Neste método nutrientes indicadores (ONPG e MUG) identificam as bactérias coliformes totais e fecais (*E. Coli*). Os coliformes totais metabolizam o ONPG, e com isso a amostra incolor passa à amarela, enquanto que os coliformes fecais utilizam o MUG para gerar fluorescência quando a amostra é exposta à luz UV. Sendo a sigla NMP, igual a, “Número Mais Provável” (APHA, 1998).

6. DISCUSSÕES

6.1. Análise da Qualidade da Água

Utilizou-se como padrão de comparação os limites estabelecidos pela resolução nº357/2005 do CONAMA, de modo a definir os pontos coletados que estão em desacordo com os limites estabelecidos por lei para corpos hídricos da mesma classe que aqueles serão os seus afluentes. Ainda no que se refere ao padrão de comparação para os limites estabelecidos na legislação, considerou-se o corpo receptor, na região de morro da residência do senhor Pedro Simão da Cruz, como sendo de Classe 1.

Tal consideração foi tomada tendo em vista que a Resolução nº 001/2008 do CERH-SC (Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina) revoga a Resolução nº003/2007, resolução esta que classificava todos os cursos d'água da Ilha de Santa Catarina e região próxima como sendo de classe especial, exceto o Rio Tavares a jusante da quota 2 (dois) e outros como de classe especial.

Portanto, de acordo com que é estabelecido na Resolução nº357/2005, as águas de Classe 1 podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado, à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho (conforme Resolução CONAMA nº 274 de 2000), e à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película. Também são destinadas à proteção das comunidades aquáticas.

A Tabela 17 abaixo apresenta os padrões de qualidade e de lançamento aplicáveis às águas doces, segundo a qualidade exigida por seus usos preponderantes em águas de classe 1, previstos na Resolução CONAMA Nº 357/2005.

Tabela 17 – Parâmetros relacionados na Resolução 357/05 do CONAMA.

CONAMA 357/05	Padrões de Qualidade da Água	Padrões de Lançamento
Amônia - NH ₃ (mg/L)	$\leq 3,7$ (pH ≤ 7.5) $\leq 2,0$ ($7.5 < \text{pH} \leq 8.0$) $\leq 1,0$ (pH ≥ 8.0)	≤ 20.0
Nitrito - NO ₂ ⁻ (mg/L N)	1,00	-

CONAMA 357/05	Padrões de Qualidade da Água	Padrões de Lançamento
Nitrato - NO_3^- (mg/L)	10,00	-
C.F. (NMP/100mL)	< 200 (80% em seis amostras durante o ano) ≤ 2500 (amostra única)	≤ 2500 (amostra única)
Fósforo - PO_4 (mg/L)	≤ 0.02 (Lêntico) ≤ 0.1 (Lótico) ≤ 0.025 (Intermediário)	-
pH	$6 \leq \text{pH} \leq 9$	$5 \leq \text{pH} \leq 9$

A discussão dos resultados apresentada a seguir será feita em função do resultado da remoção ou não, dos nutrientes do esgoto caracterizado neste estudo.

Para realizar a discussão, primeiramente apresento os valores dos parâmetros analisados, depois de serem tecnicamente coletados.

Tabela 18 – Parâmetros analisados na Qualidade da Água do Sistema de Tratamento de Efluentes Líquidos com Zona de Raízes e Piscicultura.

PARÂMETROS	OBSERVAÇÃO	TANQUE INICIAL	TANQUE FINAL
DQO	mg/L	243	18
Amônia - NH_4^+	diluição 5 vezes (tq. Inicial), sem dil. no tq. final (mg/L)	11,6	10,4
Nitrito - NO_2^-	sem dil.	19,4	30,9
Nitrato - NO_3^-	sem dil.	0,2	1,8
Ortofosfato - PO_4^{3-}	sem dil.	28,2	0,1
pH	-	6,78	6,68
Alcalinidade	mL	70	232
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	80	7
Sólidos Totais	mg/L	380	204
Sólidos Totais Fixos	mg/L	243	169

PARÂMETROS	OBSERVAÇÃO	TANQUE INICIAL	TANQUE FINAL
Sólidos Totais Voláteis	mg/L	137	35
Coliformes totais	NMP	1.732,9.10 ⁵	155,3.10 ²
Escherichia coli	NMP	98,5.10 ⁵	5,2.10 ²

A seguir, na Tabela 19, uma comparação entre o que foi levantado na análise da água com os padrões de qualidade e de lançamento, segundo os dados existentes na Resolução 357/05 do CONAMA.

Tabela 19 – Comparação das análises com a legislação.

CONAMA 357/05	Padrões de Qualidade da Água	Tanque Inicial	Tanque Final	Padrões de Lançamento
NH ₃ (mg/L)	≤ 3,7 (pH≤7.5) ≤ 2,0 (7.5<pH≤8.0) ≤ 1,0 (pH≥8.0)	11,6	10,4	≤ 20.0
Nitrito NO ₂ ⁻ (mg/L)	1,00	19,4	30,9	-
Nitrato NO ₃ ⁻ (mg/L)	10,00	0,2	1,8	-
C.F. (NMP/100mL)	< 200 (80% em seis amostras durante o ano) ≤ 2500 (amostra única)	1.732,9.10 ⁵	155,3.10 ²	≤ 2500 (amostra única)
PO ₄ (mg/L)	≤ 0.02 (Lêntico) ≤ 0.1 (Lótico) ≤ 0.025 (Intermediário)	28,2	0,1	-
pH	6 ≤ pH ≤ 9	6,78	6,68	5 ≤ pH ≤ 9

Após a elaboração desta tabela e consequentemente analisando-a, o que fica mais evidente quanto à comparação entre os tanques inicial e final com a legislação do CONAMA, é a remoção dos compostos de ortofosfato, representados pelo fósforo total PO₄. Vale destacar nesse momento, que a utilização das zonas de raízes com plantas macrófitas foram, definitivamente, as responsáveis por esse decréscimo tão evidente nos valores de fósforo analisados. Não podendo esquecer das ações do primeiro módulo do tratamento, com fossa séptica e filtro biológico, que auxiliaram na diminuição do número desse resultado.

Na apresentação dos Aguapés, e até mesmo dos Lírios e do Cae-té, foi mencionada a característica dessas plantas serem organismos bons removedores de material orgânico. Com o decaimento observado de 28,2 mg/L para a tão pequena quantidade de 0,1 mg/L, observado no fósforo total, evidenciam uma boa razão para a utilização desta tecnologia. Com essa significativa remoção de material orgânico, o corpo receptor receberá uma pequena carga de nutrientes, diminuído assim, as possibilidades de ocasionar o fenômeno da eutrofização ou floração, nas águas a jusante do despejo desse efluente.

Foi também muito visível a diminuição dos números mais prováveis de coliformes totais a cada 100 mL de amostra. Passaram de uma escala numérica de dez números significativos ($1.732,9 \cdot 10^5$) para uma escala de cinco números significativos ($155,3 \cdot 10^2$). Fato também evidenciado pelo uso das plantas macrófitas e da utilização de filtro biológico após o tanque séptico.

O Potencial Hidrogeniônico (pH) mostrou-se pouco variável, porém, mesmo assim, manteve-se dentro dos padrões de qualidade da água e de lançamento em corpo receptor.

O Nitrogênio Amoniacal (NH_3) foi também removido, porém em pequena proporção, se comparados os tanques de início e fim do tratamento. Essa remoção de nitrogênio, assim como a de compostos orfo-fosfatados é relacionada com a utilização das macrófitas.

Os valores de Nitrito e de Nitrato tiveram variações numéricas, de certas formas representativas, porém em ambas amostras o valor no tanque final foi maior que no tanque inicial. No caso do Nitrato, os valores se enquadraram nos padrões de qualidade das águas de classe 1, porém, como não há padrão de lançamento para esse parâmetro, fico impossibilitado de concluir sobre essa parte. Assim como não há padrões de lançamento para o Nitrito, que nesse caso, nem mesmo os padrões de qualidade de água de classe 1, foram conseguidos no tratamento.

Após essas comparações dos valores numéricos levantados após análise com os padrões do Conselho Nacional do Meio Ambiente, foi notável a remoção de alguns compostos do esgoto doméstico.

Porém não posso deixar de lado de comentar também sobre os outros parâmetros a quem dos que foram correspondidos na Resolução 357. Essa tecnologia de tratamento mostrou-se eficaz também na remoção de parâmetros como Sólidos Totais, Fixos e Voláteis, também quanto aos Sólidos Suspensos. Além da visível diminuição de outros parâme-

tros que indicam as características biológicas, além dos coliformes termotolerantes, que são as *Escherichia coli*, bactérias encontradas no trato digestivo de animais, principalmente de seres humanos

Essa tecnologia fez valer na remoção de um grande indicador de presença de nutrientes no composto analisado, que é a Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A DQO, como mencionado anteriormente, é a quantidade de oxigênio que se precisa para oxidação da matéria orgânica em um corpo hídrico através de um agente químico. Os valores da DQO, em geral, são maiores que os da DBO, sendo o teste realizado num prazo menor. O aumento da concentração de DQO num corpo d'água é causado, na maioria das vezes, por despejos de origem doméstica e industrial.

Seria interessante a utilização da DQO conjuntamente com a DBO para observar a parcela biodegradável dos despejos, porém a análise de DBO seria um processo mais complicado de se realizar, por ser mais difícil de executar, mais demorado e mais oneroso para o executor do estudo, motivo esse de apenas constar no trabalho a análise de DQO, quanto a medição de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica.

6.2. Considerações pessoais

Este trabalho permitiu, inicialmente, estabelecer um primeiro contato com os procedimentos legais que norteiam o saneamento básico. Por meio da pesquisa na legislação ambiental brasileira, foi possível conhecer as principais leis e resoluções que abordam o assunto de esgotamento sanitário, e, através de um pequeno estudo de caso, buscou-se traçar um paralelo entre o que preconiza a legislação e o que acontece em uma situação real e concreta, no caso das análises da qualidade da água do sistema de tratamento de efluentes líquidos em Santo Amaro da Imperatriz.

Por meio da identificação da falta de esgotamento sanitário, ou melhor, esgotamento doméstico, para grande parte da população catariense, foi possível tomar conhecimento das principais demandas desse setor do saneamento básico. Bem como, proceder a uma grande observação dos mesmos, identificando os diferentes métodos que existem para tratar os esgotos domésticos, suas vantagens e desvantagens além os elementos físicos que os compõem e alguns cálculos de dimensionamento pertinentes.

No contexto social, esse trabalho serve como subsídio de informação para a população rural catarinense, no sentido de promover a conscientização de um pouco de seus direitos e alguns deveres enquanto cidadãos, e ainda, aos órgãos de fiscalização, no sentido de acompanhar a efetivação dos controles ambientais previstos em lei.

Urge a necessidade de fiscalização pessoal, das pessoas que usufruem do serviço de saneamento, quanto às ligações irregulares de esgoto doméstico nos corpos hídricos, aliado às ações de conscientização. Não se deve esquecer da necessidade de aplicação e desenvolvimento de práticas de educação ambiental da comunidade. A educação sempre foi um grande passo para a cidadania. E aliada às questões ambientais, torna-se algo prazeroso de se comprometer.

Quanto às questões do estudo da água, as ações propostas devem ser realizadas a fim de garantir que sejam mantidas as características previstas nos enquadramentos de lançamento de efluentes nos corpos hídricos do estado, garantindo à água, qualidade adequada com seus usos preponderantes e preservando assim a saúde ambiental da população como um todo.

Numa perspectiva pessoal, este trabalho apresenta um significado de grande importância para a minha formação como Engenheiro Sanitarista e Ambiental. Houve erros, acertos e reconsiderações que foram efetuadas durante o seu desenvolvimento, sendo pertinentes ao processo de aprendizado. Partindo desse ponto de vista, serviu como meio de autocrítica, onde em cada releitura poderiam ser apresentadas contínuas e infinitas mudanças.

Como dificuldade do trabalho, foi possível identificar a redação como um dos principais obstáculos a ser superado, evidenciando, dessa maneira, a importância da escrita na qualificação científica e profissional.

6.3. Divulgação do Trabalho

Para que existisse a intenção de divulgar o trabalho, foi preciso resgatar uma ideia antiga, que era a de divulgar um material, produzido em um trabalho de fim de semestre, na época dos meus estudos do ensino médio. Aquele trabalho tratou dos cuidados que o ser humano deveria ter com o bem natural, considerado o bem mais precioso da humanidade, a água. Meus colegas de grupo e eu expusemos, em nosso trabalho, nossas ideias pessoais e chavões que surgiam na época, sobre os cuidados com a água de abastecimento e até o aproveitamento de água

de chuva. Construímos uma maquete sobre captação de água de chuva e seu armazenamento, elaboramos pesquisas, além de um material informativo sobre os cuidados e direitos com a água, que enfim, achamos que poderia ter sido divulgado.

Aquele trabalho, anos depois, tornou-se a âncora que me inclinou a escolher a Engenharia Sanitária e Ambiental como estudo universitário e trabalho diário. Daí surgiu a intenção de produzir um material contendo pelo menos um pouco da informação recebida durante o tempo passado como graduando na universidade.

Para divulgar o material produzido, planejei estabelecer contato, através de telefonemas e correio eletrônico, com instituições existentes no Estado de Santa Catarina, que tivessem seus trabalhos e suas ações pertinentes ao tema e, assim, expor o material digital em algum espaço virtual, como os seus *sites* e outros informativos digitais existentes.

As instituições foram a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS), a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), a Federação Catarinense de Municípios (FECAM), a Secretaria Estadual da Saúde de Santa Catarina e a Fundação do Meio Ambiente e Santa Catarina (FATMA) e a Fundação Nacional de Saúde em Santa Catarina (FUNASA-SC).

Depois de estabelecer contato com as pessoas responsáveis em cada instituição, a ideia da divulgação do trabalho foi conversada e firmada. Todas elas pediram para que fosse enviada uma carta, ou um documento eletrônico, apresentando e informando os motivos e conteúdos das divulgações.

A ideia foi aceita por todas as pessoas responsáveis por suas instituições, mas as respostas foram bem parecidas, ao relacionar o fato da necessidade desse material estar pronto para leitura e utilização. Ou seja, a tentativa de divulgar foi aceita, porém não se sabia da certeza da divulgação, sem haver o produto em mãos. Portanto, essa etapa do trabalho provavelmente será executada após a entrega e apresentação deste documento.

Melhor ainda seria, nesse momento, fazer uma recomendação para que alunos que se interessarem pelo assunto, carregarem adiante a intenção de divulgar o manual elaborado. Esta ação seria uma boa complementação deste trabalho.

7. CONCLUSÕES

7.1. Identificação das Tecnologias

Esse objetivo foi cumprido de maneira satisfatória, a meu ver, pois as questões econômicas, sociais e ambientais levantadas como fundamentais para a escolha das tecnologias a serem abordadas foram observadas e confirmadas em cada um dos métodos de tratamento de esgotos domésticos.

Durante todo o tempo que passei pesquisando tecnologias que se encaixassem nas minhas expectativas e pretensões quanto à escolha de métodos que tivessem um diferencial quanto a sua utilização e principalmente adotar finalidades distintas quanto ao produto final do tratamento do esgoto doméstico, definitivamente foram estas que apresentei as que mais me chamaram atenção e se fizeram importantes ao ponto de serem identificadas como as que comporiam o trabalho.

Um fato que destaquei como sendo de bastante interesse, foi o da possibilidade de duas dessas tecnologias poderem existir na mesma residência, complementando-se em termos de utilidade para o tratamento dos dejetos humanos. Foram elas a Fossa Biodigestora e o Círculo de Bananeiras.

Enquanto uma trata das águas dos vasos sanitários e sólidos do esgoto doméstico, a outra trata das águas domésticas contaminadas com sabões, detergentes e outros surfactantes como sabonete, espuma de barbear, creme pós-barba, pasta de dente, etc. Dessa forma, a grande maioria ou quase todos os dejetos humanos que passam por vias hídricas na casa, podem ser tratados descentralizadamente. Essa foi a observação mais interessante quanto aos múltiplos usos dessas ferramentas de saneamento.

7.2. Manual Simplificado de Esgotamento Doméstico Rural

A produção do que foi chamado de “manual” aconteceu no momento em que o trabalho já estava completo, ou seja, toda a revisão bibliográfica já havia sido feita para que as informações necessárias a serem expostas no documento digital pudessem ser registradas.

O termo que eu havia proposto na primeira concepção do trabalho, era “cartilha ambiental”. Mas, quando percebi que o trabalho tomava a direção de um agrupamento de tecnologias a serem apresentadas e ensinadas, esse termo que posteriormente ficou entendido nas leituras como “*um livro didático dedicado à alfabetização, principalmente de crianças*” teve de ser repensado e então trocado. Foi quando percebi que a utilização de outro termo para compor o eixo principal do trabalho, seria necessária.

Em pesquisas por dicionários e meios digitais, inclusive conversas com irmão e amigos, conclui que necessitaria de um termo que representasse algo sendo *apresentado* e *explicado*. Foi então que - pelas próprias bibliografias utilizadas - resolvi nominar o documento que viria a ser formado, de “*Manual Simplificado*”. O “*simplificado*” existe em função de me reconhecer na situação de graduando e estudar em verdadeiros “manuais” elaborados por grandes instituições como FUNASA e EMBRAPA e por grandes autores como Von Sperling, Nuvolari, Jordão, Pessoa e outros.

O material foi concluído e encontra-se como Apêndice desse trabalho. Ele está composto basicamente de textos, imagens, tabelas e figuras já apresentados na revisão bibliográfica. Mas está caracterizado como um livro de simples leitura, com sumário, apresentação, produtos e conclusões.

Acredito que as expectativas para sua construção tenham sido atingidas, justamente pelo fato de terem sido quatro tecnologias apresentadas e não apenas duas, como no início do trabalho. Seu conteúdo foi arquitetado após esses resultados de pesquisa serem concluídos e encontra-se de simples leitura e visualização.

8. REFERÊNCIAS

- ABNT. (Associação Brasileira de Normas Técnicas). (NBR – 7229) – **Projeto, Construção e Operação de Sistemas de Tanques Sêpticos**. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.
- ABNT.(Associação Brasileira de Normas Técnicas). (NBR – 9648) – **Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário – Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
- ALCÂNTARA, Danilo C. **Avaliação da qualidade da água em mananciais superficiais: estudos para criação de unidade de conservação em Itapema/SC** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico.Florianópolis, 2010.
- ALCON. Aquarismo e Aquapaisagismo. Disponível em: <alcon-pet.com.br>. 2008.
- ALMEIDA Jr., Antonio Ferreira. **Elementos de anatomia e fisiologia humanas**. 44ª Edição. São Paulo: Nacional. 1985. 362 p.
- ANALYTICA, Revista. Disponível em: <http://www.revistaanalytica.com.br/analytica/ed_anteriores/08/8%20Art%20Fosforo.pdf>. Acesso em 05 maio 2011.
- ANDREIA TORRES. Blog de Nutrição da Nutricionista Andréia Torres. Disponível em: <<http://andreiatorres.blogspot.com/2010/03/alto-consumo-de-fosfato-aumenta-o-risco.html>>. Acesso em 05 maio 2011.
- APHA/AWWA/WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 20. ed. Washington: APHA, 1998.
- AQUAFLUX. Aquarismo e Aquapaisagismo Disponível em: <<http://www.aquaflux.com.br/forum/viewtopic.php?f=90&t=2477>>. Acesso em: 01 maio 2011.

AZEVEDO NETTO, J.M., FERNANDEZ Y FERNANDEZ, M., ARAUJO, R., ITO, A.E. **Manual de Hidráulica**. 8ª Edição, Editora Edgar Blucher, São Paulo. 1998.

AZEVEDO NETTO, J.M. e HESS, M.L. **Tratamento de Águas Residuárias**. Separata da Revista DAE. 1970. 218p

AZEVEDO NETTO, J.M. et al. **Sistemas de Esgotos Sanitários**. São Paulo, FHSPUSP, 1973.

BARROS, T. de V. et al. - **Manual de Saneamento Proteção Ambiental para os Municípios, VOL. 2 – Saneamento**. Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 1995. BRASIL. Constituição Federal (1988). Brasília: Senado Federal, 1988.

BRASIL. **Constituição Federal** (1988). Brasília: Senado Federal, 1988.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). **Manual de Saneamento**. 3ª ed. Ver. 1ª Reimpressão – Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 408 p.

BRASIL. **Lei nº. 9.433**, de 8 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº. 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº. 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/Mensagem_Veto/2000/Mv0967>

BRASIL. **Lei nº. 10.257** de 10 de Julho de 2001. Estatuto da Cidade. Regulamenta os artigos. 182 e 183 da Constituição Federal estabelecem diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.

BRASIL. **Lei nº. 11.445** de 5 de Janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de

21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria 518** de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e dá outras providências. Diário Oficial da União - República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 26 mar. 2004. Seção 1. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/e-legis>>.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº275** de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico de características microbiológicas para água mineral natural e água natural. Diário Oficial da União – República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 set. 2005. Seção 1. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/e-legis>>.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Guia para a elaboração de planos municipais de saneamento**. Brasília, 2006. 152 p.

BRASIL. Programa de Modernização do Setor Saneamento. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos**. 2006. Brasília: MCIDADES. SNSA, 2007.

CIASC. Centro de Informática e Automação de Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.mapainterativo.ciasc.gov.br/sc.phtml>>. Acesso em 01 jun. 2011.

CDCC. USP. Centro de Divulgação Científica e Cultural. Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.cdcc.sc.usp.br/escolas/juliano/biodiges.html#6>>. Acesso em: 01 maio de 2011.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Norma Técnica 5.214: Coliformes totais - determinação pela técnica de membrana filtrante: método de ensaio**. 30 Páginas. 2007.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo - Apêndice A - Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. 2008. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/publicacoes.asp>>. Acesso em 05 jun. 2011.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo - Apêndice B - Índices de qualidade das águas**. 2008. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/publicacoes.asp>>. Acesso em 03 jun. 2011.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 357**, de 17 de Março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em 01 jun. 2011.

CHAGAS, Welington Ferreira. **Estudo de patógenos e metais em lodo digerido bruto e higienizado para fins agrícolas, das estações de tratamento de esgotos da ilha do governador e da Penha no estado do Rio de Janeiro**. [Mestrado] Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública; 2000. 89 p.

CHERNICHARO, C.A.L. **Reatores Anaeróbios. Princípios de Tratamento Biológico das Águas Residuárias**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG. Volume 5, 246p. Belo Horizonte, 1997.

CISAM / AMVAP. (Conselho Intermunicipal de Saneamentos Ambiental / Associação dos Municípios da Microrregião do Vale do Paranaíba). **Manual de Saneamento Rural**. Uberlândia – MG. Novembro de 2006.

CREA. Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura. **Resolução N° 1.002, de 26 de Novembro de 2002. Código de Ética Profissional da Engenharia, da Arquitetura, da Agronomia, da Geologia, da Geografia e da Meteorologia**. Disponível em: <<http://www.crea-sc.org.br/portal/index.php?cmd=formularios>>. Acesso em 02 jun. 2011.

ECOJARDIM. Auarismo e Aquapaisagismo. Disponível em: <<http://ecojardim.wordpress.com/apresentacao/os-agentes-patogenicos>>. Acesso em 02 jun 2011.

EMBRAPA – **Utilização de uma fossa séptica biodigestora para a melhoria do Saneamento Rural e desenvolvimento da Agricultura**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2002. <<http://www.cnpdia.embrapa.br/produtos/fossa.html>>. Acesso em 01 maio 2011.

FAO. Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. Disponível em: <<https://www.fao.org.br/noticias.asp>>. Acesso em 05 maio 2011.

FILHO, C. F. M. e FEITOSA, N. B. – **Saneamento Rural** – Universidade Federal da Paraíba, 2002.

FILHO, Pedro Simão da Cruz. **Tratamento de Efluentes Líquidos por Filtro Biológico com Zona de Raízes e Piscicultura para combate de Larvas de Mosquitos**. Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI. Santo Amaro da Imperatriz. Santa Catarina. 2010.

FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA (FATMA). **Relevância de parâmetros de qualidade das águas aplicados a águas correntes. Parte I: Características gerais**,

utrientes, elementos traço e substâncias nocivas inorgânicas, características biológicas. Florianópolis. 1999.

FUNDO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A INFÂNCIA (UNICEF). **Situação da infância brasileira.** 39p. Brasília, 2001.

FUZINATTO, C. F. **Avaliação da qualidade da água de rios localizados na ilha de Santa Catarina utilizando parâmetros toxicológicos e o índice de qualidade de água.** Florianópolis: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Santa Catarina. 2009.

GALINDO, Natalia. SILVA, Wilson Tadeu. NOVAES, Antônio Pereira de. GODOY, Luis Aparecido de. SOARES, Márcia Simões. GALVANI, Fábio. **Perguntas e Respostas: Fossa Séptica Biodegestora.** São Carlos. São Paulo. Embrapa Instrumentação. 2010.

GARCEZ, L. N. **Elementos de Mecânica dos Fluidos.** Hidráulica Geral. São Paulo. Editora Edgar Blucher, 1960.

GLOBO RURAL. Site do Jornal e Revista Globo Rural. Disponível em: <<http://revistagloborural.globo.com/GloboRural/0,6993,EEC921359-4528-1,00.html>>, <<http://revistagloborural.globo.com/GloboRural/0,6993,EEC921359-4528-2,00.html>>. Acesso em 01 maio 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável - Brasil 2004.** Dimensão Ambiental - Saneamento. Tratamento de Esgoto. Rio de Janeiro, RJ. 2004.

JANSEN, A. J. H. **Formation and Colloidal Behavior of Elemental Sulphur Produced from the Biological Oxidation of Hydrogensulphide.** Tese (Doutorado) – Universidade Agrícola de Wageningen, Holanda. 121 p. 1996.

- JORDÃO, E.P; PESSOA, C.A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 3.ed., Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária – ABES, 1995 – 681 p.
- INFOPEDIA. **Lei de Henry**. Porto: Porto Editora, 2003-2011. Disponível em: <[http://www.infopedia.pt/\\$lei-de-henry](http://www.infopedia.pt/$lei-de-henry)>. (Consultado em 14 de maio de 2011).
- INFOPEDIA. **Lei de Dalton**. Porto: Porto Editora, 2003-2011. Disponível em: <[http://www.infopedia.pt/\\$lei-de-dalton](http://www.infopedia.pt/$lei-de-dalton)>.(Consultado em 14 de maio de 2011).
- LABORATÓRIO SÃO CAMILO. Disponível em: <<http://saocamilolab.com.br/exames/?indice=N&id=3580>>. Acesso em 05 jun. 2011.
- LETTINGA, G. et al. **Use of the upflow sludge blanket (USB) reactor concept for biological wastewater treatment, especially for anaerobic treatment. Biotechnology and bioengineering**, v.22. 1996.
- MAFEI, M. **O Bombril das Águas**. Revista Globo Rural. Rio de Janeiro. Pág. 40 – 51. 1988.
- MARQUES, Joana Lentz. **Estudo de caso: Diagnóstico do uso e manejo de sanitário compostável localizado em Rationes, Florianópolis**. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Março de 2010.
- MATULJA, Aline. **Construção de um Termo de Referência para o Plano Municipal de Saneamento de Urubici-SC a partir de um Modelo de Governança**. 109 p. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.
- METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering Treatment and Reuse**. 4ª Edição. International Edition 2004, McGraw Hill.

MOTA, Carolina (coord.). **Saneamento no Brasil: Aspectos Jurídicos da Lei Federal 11.445/07**. São Paulo: Quartier Latin, 2010.

NOVAES, A. P.; SIMÕES, M. L.; MARTIN-NETO, L.; CRUVINEL, P. E.; SANTANA, A.; NOVOTNY, E. H.; SANTIAGO, G.; NOGUEIRA, A. R. A. **Utilização de uma fossa séptica para melhoria do saneamento rural e desenvolvimento da agricultura orgânica**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2002. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Comunicado Técnico, 46).

NUVOLARI, Ariovaldo (Coordenador). **Esgoto Sanitário: Coleta, Transporte, e Reúso Agrícola**. 1ª Edição. São Paulo: Edgar Blucher, 2003. Bibliografia: ISBN 85-212-0314-4.

OLIVEIRA, Kênia Márcia de. **Educação sanitária e ambiental na escola pública: uma visão complexa**. 185 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

PALAVIZINI, Roseane. **Gestão Transdisciplinar do ambiente: uma perspectiva aos processos de planejamento e gestão social no Brasil**. 2006. 431 p. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2006.

PEGORARO, Luis Sergio. **Projeto Tietê**. São Paulo. Gráfica Estadão. (s/d). 357p.

PORTAL PAISAGISMO. Dicas e notícias dos mais diferentes profissionais e empresas, abordando assuntos vinculados ao paisagismo e jardinagem. Disponível em: <http://www.portalpaisagismo.com.br/dicas/19/Como_fazer_um_c%C3%ADrculo_de_bananeira_para_tratamento_das_%C3%A1guas_cinzas.html>. Acesso em 03 jun. 2011.

PORTO, Rodrigo de Melo. **Hidráulica Básica**. 4ª Edição – São Carlos, EESC – USP. Projeto REENGE. 2006. ISBN 85-7656-084-4.

PHILIPPI, L. S.; OLIJNYK, D. P.; MAGRI, M. E. **Arranjos tecnológicos para o tratamento descentralizado de esgotos sanitários**. Em: Anais da Conferência Internacional em Saneamento Sustentável: Segurança alimentar e hídrica para a América Latina, 2007, Fortaleza. 8 p, 1 CD-ROM, 2007.

PROSAB, Projeto (PROGRAMA DE PESQUISAS EM SANEAMENTO BÁSICO). **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. José Roberto Campos (coordenador). -- Rio de Janeiro : ABES, 1999.

REICHARDT, K. **Processos de Transferência no Sistema Solo-Planta-Atmosfera**. 4ª Edição. Campinas – SP. Fundação CARGILL, 1985. 466p.

SAÚDE ANIMAL: Aquarismo e Aquapaisagismo. Disponível em: <<http://www.saudeanimal.com.br/peix60.htm>>. Acesso em 05 maio 2011.

SILVA, Daniel. **Uma abordagem cognitiva ao planejamento estratégico do desenvolvimento sustentável**. 1998. 240f. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1998.

SILVA, Daniel. **Estrutura cognitiva para o processo de pesquisa**. 2010 (primeiro trimestre). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-UFSC.

SILVA, Daniel. **O Espírito da Lei Brasileira das Águas: Lei Federal 9.433/97**. Canadá, 2005. 20p. Trabalho não publicado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

SILVA, Wilson Tadeu Lopes da. **Eficiência do processo de biodigestão em Fossa Séptica Biodigestora inoculada com esterco de ovino**. Dr. Wilson Tadeu Lopes da Silva, Adriana Soares Faustino, Antônio Pereira de Novaes. - São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007. 20 p. - (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Documentos, ISSN 1518-7179; 34).

SOUZA, Cezarina Maria Nobre; FREITAS, Carlos Machado de; MORAES, Luiz Roberto Santos. **Discursos sobre Saneamento, Saúde e Ambiente na Legislação: Uma análise de conceitos e diretrizes**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 12, p. 371-379, 2007.

STANDING COMMITTEE OF ANALYSTS. Disponível em: <<http://www.environmentagency.gov.uk/research/commercial/32874.aspx>>. Acesso 05 abr. 2011.

THAUER, R.; JUNGERMANN, K; DECKER, K. (1977). **Energy conservation in chemotrophic anaerobic bacteria**. Bacteriol. Rev. 4, p. 100-180.

TRATA BRASIL, Instituto. **Planos Municipais ou Regionais, Exigência Legal**. Cartilha de Saneamento. São Paulo – SP. Julho de 2009.

TSGA. (Tecnologias Sociais em Gestão da Água). Parceria entre UFSC, EPAGRI e EMBRAPA. Patrocinado pelo Programa PETROBRAS AMBIENTAL e com gestão financeira da FAPEU. 2011.

UNICEF. Site da UNICEF: (UNICEF, IMPRENSA). Disponível em: <http://www.unicef.org/brazil/pt/media_12597.htm>, <<http://www.ecodebate.com.br/2008/07/18/25-bilhoes-nao-tem-acesso-a-saneamento>>. Acesso em: 01 maio 2011.

VIEIRA, Itamar. **Círculo de Bananeiras**. Sítio SeteLombas. 2006. Disponível em: <<http://www.setelombas.com.br/2006/10/circulo-de-bananeiras>>. Acesso em 03 jun. 2011.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 3ª Ed, 2005.

WHO. World Health Organization. Disponível em: <<http://www.who.int/whr/2004/en/>>. Acesso em 05 maio 2011.

ZINDER, S. H. (1992). **Methanogenesis**. In: Encyclopedia of Microbiology, v. 3, p. 81-96, editado por J. Ledenberg, Academic Press, San Diego, EUA.

9. APÊNDICE

**MANUAL SIMPLIFICADO DE TECNOLOGIAS UNIFAMILIARES
DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO VOLTADO A POPULAÇÃO
RURAL DO ESTADO DE SANTA CATARINA, APRESENTANDO
PRÁTICAS AMBIENTAIS EM SANEAMENTO**

Equipe:
MORENO BARROS ARRUDA (Coord.)
GUILHERME FARIAS CUNHA

FLORIANÓPOLIS, (SC)
JUNHO/ 2011

APRESENTAÇÃO

O presente Manual Simplificado procura fornecer subsídios direcionados à ampliação do conhecimento sobre Saneamento Básico além de informar sobre tecnologias de Esgotamento Doméstico em território catarinense, para municípios das diversas regiões hidrográficas especialmente os de zona rural. Destacando aspectos da legislação vigente, como a Lei de Diretrizes Nacionais de Saneamento Básico (Lei n. 11.445/07) e o mais importante deste material é expor sobre as tecnologias de esgotamento doméstico, identificadas como importantes para serem divulgadas nesse documento.

Como lido em bibliografias, no ano de 2004, o Ministério Público, por ato do seu Procurador-Geral, instaurou o Inquérito Civil Público nº. 004/04 objetivando reverter o quadro negativo do saneamento básico no Estado de Santa Catarina. Trata-se de uma tarefa complexa, importando em engajamento dos órgãos competentes, considerando a importância da participação técnica e financeira por parte dos entes da federação, tendo em vista as naturais dificuldades que enfrentam grande parte dos municípios catarinenses, por suas características, para implantação dos serviços, fundamentalmente em se tratando de sistemas coletivos.

Em outras leituras notou-se que, dos 293 Municípios catarinenses, 269 (91,8%) apresentam população inferior a 25.000 habitantes e 250 (85,3%) entre 1.000 e 10.000 habitantes (estimativa IBGE, 2004).

Seguindo essa linha de raciocínio, para facilitar o acesso dos Municípios aos recursos federais disponíveis (como por exemplo: Programa de Aceleração do Crescimento- PAC e Fundação Nacional de Saúde - FUNASA), ou ainda, às linhas de crédito estaduais, torna-se fundamental aos municípios que procedam a sua prévia estruturação, em atendendo às Diretrizes da nova Política Nacional de Saneamento Básico - Elaboração da Política, Planos e Conselho Municipal de Saneamento -, além dos projetos a serem submetidos à aprovação pelos Governos Federal e Estadual.

No que tange à importância do saneamento, dados apresentados pela Organização Mundial da Saúde (OMS) revelaram que 70% da mortalidade infantil até cinco anos são motivadas por doenças que poderiam ser evitadas com uma adequada estrutura de saneamento (poliomielite, hepatite A, disenteria amebiana, diarreia por vírus, febre

tifóide, febre paratífóide, diarreias e disenterias bacterianas como a cólera, esquistossomose, entre outras, têm relação direta com a ausência de esgoto sanitário).

Ainda, conforme estudos da Organização Mundial da Saúde (OMS), para cada dólar investido em saneamento básico há uma redução de cerca de 4 a 5 dólares nos gastos com medicina curativa e medicamentos.

Segundo o diagnóstico da situação do saneamento básico no Estado realizado pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), em cumprimento ao Termo de Cooperação Técnica n. 024/2005, firmado com o Ministério Público Estadual e outras entidades, apresentado em setembro de 2006, foi constatado que:

- i. A destinação inadequada de esgotos sanitários é a principal causadora da poluição do solo, de águas subterrâneas, de mananciais de superfície e de cursos d'água em Santa Catarina;
- ii. Dos 293 Municípios existentes no Estado de Santa Catarina, apenas 22 deles (8%) são atendidos com serviços adequados de esgoto (média nacional é de 19%);
- iii. Estão desprovidos dessa infra-estrutura mais de 4 (quatro) milhões de catarinenses que residem na área urbana, sendo 576 (quinhentos e setenta e seis) milhões de litros de esgoto despejados diariamente nos mananciais de água superficiais e subterrâneos;
- iv. Apenas 37 (12,63%) dos 293 Municípios catarinenses possuem alguma rede coletora de esgoto sanitário implantada e sistema de tratamento licenciado;
- v. Apenas 12% (400.000) das pessoas que vivem nas cidades catarinenses são atendidas adequadamente por serviços de esgoto, enquanto a média nacional é de 44%.

O lançamento inadequado do esgoto no meio ambiente, seja por responsabilidade pública ou privada, implica crime de poluição (art. 54, inc. VI, da Lei n. 9.605/98), podendo ser responsabilizados, por ação ou omissão, além de particulares, também os agentes públicos, a uma pena de um a cinco anos de reclusão, podendo recair sobre esses, ainda, a responsabilidade por ato de improbidade administrativa, nos termos do art. 11, inc. II, da Lei n. 8.429/92.

Especificamente nos dias 11 e 12 de julho de 2007, a Federação Catarinense dos Municípios (FECAM), principal entidade representativa dos Municípios Catarinenses, realizou, na Assembléia Legislativa do Estado, o Seminário intitulado *“O Município Frente ao Novo Marco Regulatório do Saneamento”*, resultando do Encontro a conclusão de que as principais atribuições dos Municípios, na nova Política Nacional de Saneamento Básico, regulamentada pela Lei n. 11.445/07, são a instituição da Política e do Plano Municipal de Saneamento Básico, além da definição da Agência Reguladora do serviço.

O que importou naquele momento foi descrever o teor da Carta do Seminário, aprovada pelos mais de 300 participantes do encontro, entre eles, prefeitos, vice-prefeitos, vereadores, secretários e técnicos dos 293 Municípios catarinenses, cujo documento vai ao encontro das pretensões listadas no Inquérito Civil mencionado no segundo parágrafo deste texto.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição dos Esgotos Domésticos.....	24
Tabela 2 - Matriz Características Físicas dos Esgotos.....	26
Tabela 3 - Matriz Características Químicas dos Esgotos.	31
Tabela 4 – Inconvenientes do lançamento <i>in natura</i> de Esgotos.	32
Tabela 5 – Características Biológicas dos Esgotos.....	34
Tabela 6 - Riscos oferecidos pelos microorganismos patógenos.....	36
Tabela 7 - Tipos de doenças relacionadas com os dejetos.....	38
Tabela 8 - Material necessário para a construção.	42
Tabela 9 - Ferramentas Mínimas Necessárias.....	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Índice de Atendimento – Saneamento Básico.	13
Figura 2 – Índice de Atendimento – Serviços de Água.....	14
Figura 3 – Índice de Atendimento – Serviços de Esgotamento Sanitário.	14
Figura 4 – Índice de Atendimento – Coleta de Resíduos Sólidos.....	15
Figura 5 – Índice de Atendimento – Serviços de Drenagem Urbana. ...	15
Figura 6 – Transmissão de doenças.	37
Figura 7 - Esquema da Fossa Séptica Biodigestora	44
Figura 8 - Esquema Ampliado da Fossa Séptica Biodigestora.....	45
Figura 9 - Perfil do Sistema de Fossa Biodigestora.	45
Figura 10 - Desenho esquemático do Filtro de Areia (Última caixa da Fossa Biodigestora, projetada para a remoção da matéria orgânica). .	47
Figura 11 - Esquema de uma Fossa Biodigestora.....	48
Figura 12 - Estrutura convencional de uma fossa séptica prismática de câmara única. Fonte: Filho e Feitosa (2002).	52
Figura 13 - Privada com Fossa Seca e Privada com Fossa Seca Ventilada.	61
Figura 14 - Localização da Fossa Seca.	62
Figura 15 - Escavação da Fossa.	63
Figura 16 - Formatos da abertura da vala para construção da Fossa. ..	64
Figura 17 - Base e Piso de Madeira para Privada.....	65
Figura 18 - Laje de Concreto para Piso de Privada (medidas em “cm”).	66
Figura 19 - Casinha pré-fabricada em Placas de Cimento.....	68
Figura 20 – Apresentação de um Círculo de Bananeiras.	71
Figura 21 – Desenho em Corte de um Círculo de Bananeiras.....	72
Figura 22 – Desenho em Vista Superior de um Círculo de Bananeiras.	72

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1- Esquema real de uma Fossa Biodigestora.....	48
Imagem 2 – Primeiro Módulo do Tratamento de Efluentes.	55
Imagem 3 – Segundo Módulo do Tratamento de Efluentes.	57
Imagem 4 – Terceiro Módulo do Tratamento de Efluentes.....	58
Imagem 5 – Quarto Módulo do Tratamento de Efluentes.....	59
Imagem 6 – Buraco de tratamento, com madeiras, galhos e palhas....	73
Imagem 7 – Tubos de transporte da água cinza ao buraco de tratamento.	74
Imagem 8 – Pequenas Bananeiras crescendo após o plantio.	75
Imagem 9 – Pequenas Bananeiras crescendo após o plantio.	76

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. SANEAMENTO BÁSICO	13
2.1. O QUE É SANEAMENTO BÁSICO	13
2.2. QUE SERVIÇOS COMPÕEM O SANEAMENTO BÁSICO	14
2.3. O QUE DIZ EM ESSÊNCIA A LEI 11.445/07 DE REGULAÇÃO DO SETOR DE SANEAMENTO BÁSICO.....	16
2.4. O PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO.....	17
3. CARACTERIZAÇÃO DO ESGOTO	19
3.1. O ESGOTAMENTO SANITÁRIO	19
3.2. OS ESGOTOS DOMÉSTICOS	22
3.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	26
3.4. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	29
3.5. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS.....	34
4. TECNOLOGIAS UNIFAMILIARES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO.....	41
4.1. FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA	41
4.2. TRATAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS POR FILTRO BIOLÓGICO COM ZONA DE RAÍZES E PISCICULTURA PARA COMBATE DE LARVAS DE MOSQUITOS	49
4.3. PRIVADA COM FOSSA SECA (FUNASA).....	60
4.4. CÍRCULO DE BANANEIRAS	70
5. REFERÊNCIAS.....	78

1. INTRODUÇÃO

A Lei Federal nº 11.445 de cinco de janeiro de 2007, que em seu primeiro artigo declara estabelecer as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico, estabelece também os “princípios fundamentais” a que os serviços públicos de saneamento seguirão. Esses princípios abordam a universalização do acesso, assim como a integralidade das atividades, as disponibilidades de serviços além de controle social apresentam o eixo estrutural dessa lei, que foi considerada como um “Marco Regulatório” do saneamento brasileiro e uma grande ferramenta política para a profissão do Engenheiro Sanitarista e Ambiental.

Em seu Art. 3º, no primeiro inciso, a lei apresenta sua definição para “saneamento básico” considerando resumidamente ser o conjunto de serviços, infra-estruturas e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos além da drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

No que concerne a questões de planejamento sem saneamento, há de se considerar aspectos relacionados à modalidade institucional de prestação do serviço, além de seu relacionamento com o usuário e o controle operacional dos setores de água, esgoto, resíduos sólidos e drenagem urbana.

Foi estabelecido pela Organização das Nações Unidas (ONU), que o ano de 2008 seria denominado como o “Ano Internacional do Saneamento” e durante todo esse, algumas mensagens foram dadas em suas correntes de informação, como as de que o saneamento é vital para a saúde, melhora a qualidade ambiental, que ele acentua o desenvolvimento social, é um bom investimento econômico, deve ser acessível e constitui direito de todos os cidadãos do planeta.

Porém, toda essa preocupação foi levantada em épocas tardias, exemplo disso, um país com mais de quinhentos anos como o Brasil ter uma lei que defende e direciona as ações em saneamento, criada somente recentemente, no século XXI, remete situações como as de hoje, onde o planejamento e ações têm de ser em sua maioria, de remediação, onde obras estruturais são realizadas emergencialmente em situações de sobrecarga nas estações de tratamento, ou barragens para conter grandes vazões e desenvolvimento de pequenas bacias urbanas de retenção hídrica, para se defender de enchentes. E não mais de

prevenção, de planejamento anterior à habitação, de análise de projetos e regularidade de locação como outras ações que, de certa forma, proporcionam uma melhor organização de um local onde se pretende habitar e viver envolto a outras pessoas e inserido numa bacia hidrográfica de certa região com clima e relevo específicos.

Essa demora nas intenções de planejar o território, para ocupação urbana, acarretou problemas ainda maiores, como a necessidade de utilização de teorias e técnicas de Educação Ambiental por parte de todos os cidadãos do planeta terra.

Nesse contexto, pode-se expor que o homem evolui de maneiras e formas divergentes.

Um grupo seguiu um caminho protetor e defensor dos recursos naturais, que visa prosperar a vida tanto na fauna quanto na flora terrestre, que é antitabagista, propõe comandantes governamentais com idéias que fomentam a proteção do “verde” terrestre ou mesmo a harmonia entre os povos, um caminho que estuda sobre os fenômenos naturais e procura entendê-los e caminhar paralelamente a eles, ou seja, não construir casas em locais inapropriados por questões de relevo e hidrografia, de maneira a enfrentá-los.

E existe também outro caminho seguido por aqueles que não se preocupam com o amanhã, que praticam atividades extrativistas, que poluem o ambiente e suas próprias casas com alimentos não saudáveis e com substâncias cancerígenas encontradas nos conservantes e sais usados no ramo de alimentação industrializada, um caminho que caça e causa destruição de nichos ecológicos que leva a extinção de espécies de animais e desmatamento de grandes áreas florestais, para simplesmente aconchegar e reproduzir gado, ou mesmo para realizar imensas plantações, ou mesmo um caminho que não carregue informações de proteção da saúde ambiental e que realiza atividades de saneamento de maneira altamente poluidora dos corpos hídricos da bacia hidrográfica a qual está inserida.

Diariamente, mais de 2,5 bilhões de pessoas, no mundo todo, sofrem com a falta de acesso a saneamento melhorado (refere-se a qualquer instalação sanitária que, de maneira higiênica, separe os dejetos humanos do meio ambiente) e atualmente quase 1,2 bilhões de pessoas defecam ao ar livre, a prática sanitária de maior risco, segundo relatório divulgado pelo Programa Conjunto OMS/UNICEF de Monitoramento do Abastecimento de Água e Saneamento (UNICEF, 2008).

Globalmente, o número de pessoas que não têm acesso a uma fonte melhorada de água potável (significa que a fonte de água potável está protegida da contaminação fecal e química) desceu abaixo de um bilhão desde a primeira coleta de dados em 1990. Atualmente, 87% da população mundial têm acesso a fontes melhoradas de água potável, e, se forem mantidas as tendências atuais, até 2015, essa proporção vai superar os 90% (UNICEF, 2008).

O número de pessoas que, em todo o mundo, praticam a defecação ao ar livre diminuiu de 24% ,em 1990, para 18%, em 2006. O relatório sublinha também as disparidades dentro das fronteiras nacionais, especialmente entre os moradores do campo e os da cidade (UNICEF, 2008).

No mundo, há quatro vezes mais pessoas que vivem em áreas rurais – aproximadamente 746 milhões – sem acesso a fontes de água melhoradas, se comparadas com os cerca de 137 milhões de moradores urbanos (UNICEF, 2008).

O saneamento deficiente ameaça a sobrevivência das crianças dado que um ambiente contaminado por resíduos fecais está diretamente ligado às doenças diarréicas, uma das principais causas de morte de crianças menores de cinco anos. É muito difícil garantir um ambiente limpo quando a defecação ao ar livre é praticada, mesmo que seja só por uma pequena parte da população (UNICEF, 2008).

Sendo assim, fica evidente que as condições subumanas de vida produzem prejuízos à saúde humana e às perspectivas de sobrevivência infantil, miséria social principalmente entre mulheres, depressão da produtividade econômica e do desenvolvimento humano e poluição do ambiente e dos recursos hídricos.

Sendo esta a importância para este trabalho, a de produzir algum material informativo voltado às pessoas que vivem em zona rural, que possuem uma menor ou quase inexistente infra-estrutura de saneamento, principalmente de destinação adequada ao seu esgoto, para que elas possam sobreviver e se desenvolver de uma maneira ao menos mais sustentável, se preocupando com o amanhã.

Essa importância se justifica pelo fato de ser o campo, também uma grande porção de terra afastada dos centros urbanos, mas que vivem milhões de pessoas, ou melhor, um grande percentual da população.

Muitos não possuem escolaridade, ou mesmo algum tipo de comunicação com os grandes centros e assim, tornando o campo, um ambiente mais propício a ações realizadas pelo próprio impulso e instinto das pessoas, muitas vezes desprovido de conhecimento técnico, certamente que isso ocorre no contexto do saneamento de suas regiões afastadas dos grandes centros urbanos.

Na zona rural, geralmente os processos produtivos são mais rudimentares, assim, como as maneiras de conviver com os próprios despejos e resíduos, pois nessa região, a educação ambiental nem sempre é parte integrante da formação social dos habitantes da região, fato exemplificado nos dados da UNICEF, onde milhões de pessoas defecam ao ar livre, expondo os contaminantes patogênicos a outras pessoas além de despejar cargas orgânicas prejudiciais à qualidade das águas que recebem tais despejos.

O Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto do ano de 2005, documento do Ministério das Cidades e que envolve também o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) revela que embora a população brasileira atendida por abastecimento de água seja de aproximadamente 96%, somente 42,6% possuem seus esgotos coletados e 33,6% são tratados antes de serem infiltrados ou lançados em algum corpo d'água (BRASIL, 2007).

Ou seja, o que se apresenta mais defasado de investimentos e ações estruturais no sistema de saneamento brasileiro, são os serviços de Esgotamento Sanitário, tanto na parte mais urbanizada, quanto nas zonas rurais dos estados.

Principalmente no estado de Santa Catarina, que dispõe para seus cidadãos, uma cobertura de apenas 12% no serviço de Coleta do Esgoto (SNIS, 2005), ficando apenas atrás do estado nordestino do Piauí, ou seja, um dado alarmante que antecipa a explicação de o porquê dos corpos hídricos catarinenses estarem quase em sua maioria, em estados inadequados quanto à potabilidade de suas águas.

2. SANEAMENTO BÁSICO

2.1. O que é Saneamento Básico

Como apresentado no segundo parágrafo da introdução deste material, Saneamento Básico pode ser entendido como um conjunto de medidas que visam preservar ou modificar condições do meio ambiente com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde pública.

Então, pode-se dizer que o sistema de saneamento básico de um município, possui estreita relação com a sua população além da comunidade a qual atende, sendo fundamental para a salubridade ambiental do município e para a qualidade de vida da população.

Portanto, o planejamento e a gestão adequada desse sistema concorrem para a valorização, proteção e gestão equilibrada dos recursos ambientais e tornam-se essenciais para garantir a eficiência desses serviços, em busca da universalização do atendimento em saneamento, além de permanecer numa situação de harmonia com o desenvolvimento local e regional.



Figura 1 – Índice de Atendimento – Saneamento Básico.
Adaptado IBGE, 2000.

2.2. Que serviços compõem o Saneamento Básico

Abastecimento de Água Potável:

São as atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e os respectivos instrumentos de medição.

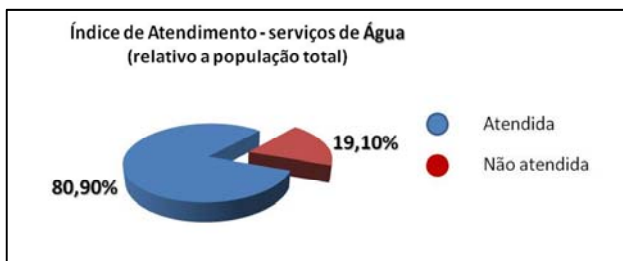


Figura 2 – Índice de Atendimento – Serviços de Água.

Fonte: Adaptado SNIS, 2007.

Esgotamento Sanitário:

São atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde ligações prediais até o seu lançamento no meio ambiente.

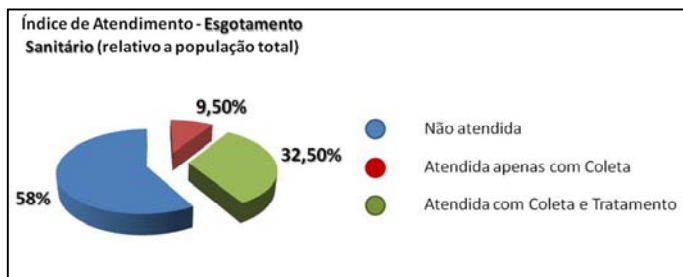


Figura 3 – Índice de Atendimento – Serviços de Esgotamento Sanitário.

Fonte: Adaptado SNIS, 2007.

Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos

São atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário de varrição e limpeza de logradouros e vias públicas. Neste caso, é importante salientar que a Lei 11.445 limita-se a traçar diretrizes aos resíduos domésticos, pois, em relação aos resíduos provenientes de serviços de saúde, resíduos industriais e comerciais, a responsabilidade é dos próprios geradores.

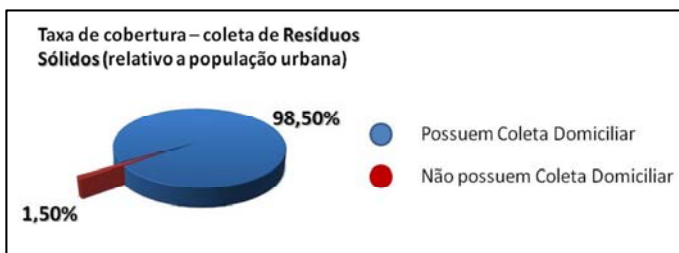


Figura 4 – Índice de Atendimento – Coleta de Resíduos Sólidos.
Fonte: Adaptado SNIS, 2007.

Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas:

São atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção, para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

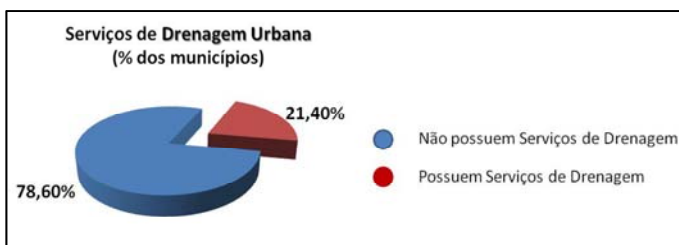


Figura 5 – Índice de Atendimento – Serviços de Drenagem Urbana.
Fonte: Adaptado IBGE, 2000.

2.3. O que diz em essência a Lei 11.445/07 de Regulação do Setor de Saneamento Básico

A Lei 11.445, promulgada em cinco de janeiro de 2007, foi denominada Lei de Regulação do Setor de Saneamento Básico. Ela é considerada o Marco Regulatório para o setor de saneamento no Brasil e contém os princípios da *universalização* do acesso, da *integralidade* e da *intersectorialidade* das ações, além da *participação social*.

Estabelece também que os titulares dos serviços deverão formular a Política Pública de Saneamento Básico e elaborar os respectivos Planos Municipais e/ou Regionais de Saneamento Básico, principal instrumento para o Planejamento e a Gestão do saneamento básico em âmbito municipal.

2.4. O Plano Municipal de Saneamento Básico

O material apresentado a seguir foi adaptado da cartilha Ambiental produzida pelo Instituto Trata Brasil em julho de 2009.

E nesse material, é dito que o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) deve abranger, no mínimo:

- i.** Diagnóstico da situação do saneamento básico do município, para verificação das deficiências e necessidades detectadas através de indicadores;
- ii.** Estudo de comprovação técnica financeira da prestação universal;
- iii.** Designação da entidade regulatória e de fiscalização;
- iv.** Estabelecimento de prognóstico e alternativas para universalização dos serviços, com definição de objetivos e metas de curto, médio e longo prazo;
- v.** Definição de programas, projetos e ações para emergência e contingência;
- vi.** Mecanismos e procedimentos de avaliação sistemática. Poderá ser específico para cada serviço.

A participação da sociedade é fundamental no processo de elaboração do PMSB e deverá ser promovida por meio de ampla divulgação das propostas e dos estudos que as fundamentam, inclusive com a realização de audiências públicas ou consultas públicas.

O estabelecimento de um sistema municipal de informações sobre saneamento básico, de forma compatível com o Sistema Nacional de Informações em Saneamento (SINISA), também é um importante instrumento para a sistematização das informações.

O PMSB deverá interagir e se compatibilizar com os demais instrumentos e planos setoriais e governamentais existentes, tais como: Política Estadual de Recursos Hídricos, Plano da Bacia Hidrográfica e Plano Diretor do Município, entre outros. Além disso, o mesmo deverá ser revisto periodicamente, em período inferior a quatro anos.

Os Planos devem contemplar, também, estudos relativos à regulação dos serviços. O exercício da função de regulação está previsto nos termos da Lei. 11.445/07, com objetivos de:

- i. Estabelecer padrões e normas para a prestação adequada dos serviços e satisfação dos usuários;
- ii. Garantir o cumprimento das condições e metas estabelecidas;
- iii. Prevenir e reprimir o abuso do poder econômico e
- iv. Definir tarifas que assegurem o equilíbrio econômico e financeiro dos contratos e a modicidade tarifária.

O titular poderá criar ou delegar a função regulatória dos serviços públicos de saneamento básico a qualquer entidade reguladora constituída nos limites do respectivo Estado.

É muito importante que os Planos sejam elaborados a partir de uma visão holística e sistêmica, integrando as quatro vertentes do conceito de saneamento básico.

O Plano Municipal de Saneamento Básico é um instrumento exigido pela Lei 11.445/07, de Regulação do setor de saneamento. Sua implementação possibilitará planejar as ações do Município na direção da universalização do atendimento. Pela Resolução Recomendada nº 33 do Conselho das Cidades, todos os municípios brasileiros deverão ter concluído sua elaboração até 31 de dezembro de 2010. Por outro lado, o não cumprimento do prazo poderá trazer consequências desfavoráveis, como a restrição para obtenção de recursos federais para investimentos no setor. Porém essa data já foi prorrogada e defendida pelo Decreto 7.217 de 21 de Junho de 2010 que Regulamenta a 11.445/07, em seu Capítulo II *Do Planejamento*, Art. 26º e parágrafo 2º, diz que o exercício de beneficiamento monetário será feito em 2014, sendo que os Planos devem ter sido entregues até o final de 2013.

Através dele, poderão ser fornecidas as diretrizes e estudos para viabilização de recursos, além de definir programas de investimentos e estabelecer cronogramas e metas de forma organizada, promovendo a redução de incertezas e riscos na condução da Política Municipal.

Consequentemente, este processo concorrerá para promover a segurança hídrica, prevenção de doenças, redução das desigualdades sociais, preservação do meio ambiente, desenvolvimento econômico do município, ocupação adequada do solo, e a prevenção e redução de acidentes ambientais e eventos como enchentes, falta de água e poluição.

3. CARACTERIZAÇÃO DO ESGOTO

3.1. O Esgotamento Sanitário

Para entender melhor esse delicado assunto, é necessário primeiramente expor definições sobre esse termo e seus derivados. A Lei Federal nº 11.445 de cinco de janeiro de 2007 (BRASIL, 2007), expõe um termo como sendo uma espécie do saneamento, denominado “Esgotamento Sanitário” e explica em seu Artigo 3º, inciso I e alínea “b)”, que este é constituído pelas atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente. A NBR 9648 (ABNT, 1986) descreve esgoto sanitário como um despejo líquido constituído de esgotos domésticos e industriais (que pela mesma norma, são líquidos resultantes dos processos industriais, respeitados os padrões de lançamento estabelecidos), água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária.

Essa mesma norma define ainda “esgoto doméstico” (que será citado no próximo sub-capítulo) além de “água de infiltração” por ser toda água proveniente do subsolo, indesejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações; e contribuição pluvial parasitária como a parcela do deflúvio superficial inevitavelmente absorvida pela rede de esgoto sanitário.

O esgoto industrial, considerado como parcela do esgoto sanitário, deve ser quantificado diretamente na medição do efluente da indústria, quando significativamente maior do se poderia esperar da área urbana ocupada pela indústria. Nesse caso, essa contribuição é considerada como singular ou concentrada em um trecho da rede coletora. Caso contrário, não será singularmente computada, pois já está incluída na taxa per capita. Outras contribuições como de escolas, hospitais ou quartéis são tratadas igualmente como singulares, quando significativas (NUVOLARI, 2003).

A água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária, ambas inevitáveis parcelas do esgoto sanitário, chegam às canalizações: a primeira, por percolação no solo fragilizado pela escavação da vala, otimizada pela superfície externa do tubo, por onde escoar até encontrar uma falha que permita sua penetração na tubulação. Ocorrem principalmente quando o nível do lençol freático está acima da cota de assentamento dos tubos, o que deve ser verificado ao se considerar a

respectiva taxa de contribuição. A segunda, por penetração direta nos tampões de poços de vista, ou eventuais aberturas, ou ainda pelas áreas internas das edificações e escoam para a rede coletora, ocorrendo por ocasião das chuvas mais intensas com expressivo escoamento superficial (NUVOLARI, 2003).

Após a implantação de uma rede coletora e um tratamento adequado para os efluentes ligados a essa rede, obtém-se melhorias nas condições sanitárias locais, a eliminação de focos de poluição e contaminação, a conservação dos recursos hídricos, diminuição de doenças causadas por água contaminada por dejetos humanos, redução dos recursos aplicados no tratamento dessas doenças, pois grande parte dessas está relacionada com a falta de uma solução adequada de esgotamento sanitário. Um adequado tratamento e destinação dos efluentes domésticos levariam também a uma diminuição dos custos no tratamento de águas para abastecimento, entendendo que muitas dessas poderiam ter sido poluídas em seus mananciais, devido a uma má gestão dos esgotamentos sanitários.

Entende-se que os dejetos humanos podem ser veículos de germes patogênicos de diversas doenças, dentre elas as diarreias infecciosas, a febre tifóide e paratifóide, a amebíase, aniclostomíase, teníase, esquistossomose, além de ascaridíase e outras. Portanto, torna-se definitivamente indispensável afastar as possibilidades do contato dos dejetos, entre o homem, as águas de abastecimento, os vetores e os alimentos.

O que tem sido observado, tanto em números estatísticos, quanto em notícias e notas de jornais, é que em virtude da falta de medidas práticas de saneamento e de educação sanitária, um grande percentual da população, tanto rural quanto urbana, tende a lançar seus dejetos diretamente sobre os corpos hídricos, ou simplesmente no solo, criando situações favoráveis a transmissão das doenças relacionadas logo acima. Essa inadequação de despejos, também promove outros malefícios como insalubridade de convivência em um grupo de moradores, causada pelo mau cheiro do local de despejos, além da comprovação da falta de informação e conhecimento técnicos sobre a seriedade do assunto.

Em casos onde a população reside em zonas rurais em que a rede coletora não chega a passar nas proximidades das residências ou mesmo, que não exista na região, é necessária para uma adequação

dos padrões de lançamento, ou simplesmente uma questão de saúde, que sejam adotadas soluções individuais de tratamento do efluente doméstico para cada residência.

No que tange o aspecto sanitário, o destino adequado dos dejetos humanos tem como fundamento o controle e a prevenção (sendo esses dois, termos de grande importância nesse assunto) de doenças a eles relacionadas. Tais soluções de adequação do serviço têm alguns objetivos como: evitar a poluição do solo e dos mananciais de abastecimento de água; evitar o contato de vetores com as fezes; propiciar hábitos mais higiênicos na população; e promover o conforto e atender o senso estético (FUNASA, 2006).

Ainda levantando informações sobre o esgotamento sanitário, as importâncias econômicas citadas pela FUNASA (2006), indicam que a falta de saneamento seguido das doenças infecciosas e parasitárias ocasionadas pela inadequação de sua disposição final, pode levar o homem a inatividade ou mesmo reduzir sua potencialidade para o trabalho. Dessa forma, há de se considerar alguns aspectos, pela melhoria dos serviços desse setor: aumento da vida média do homem, pela redução da mortalidade infantil e adulta em consequência da redução dos casos de doenças; diminuição das despesas com o tratamento de doenças evitáveis; redução do custo do tratamento da água de abastecimento, pela prevenção da poluição dos mananciais; controle da poluição das praias e dos locais de recreação com o objetivo de promover o turismo; e preservação da fauna aquática, especialmente os criadouros e viveiros de peixes.

3.2. Os Esgotos Domésticos

O esgoto doméstico é aquele que provém principalmente de residências, estabelecimentos comerciais, instituições ou quaisquer edificações que dispõem de instalações de banheiros, lavanderias e cozinhas. Compõem-se essencialmente de água de banho, excretas, papel higiênico, restos de comida, sabão, detergentes e águas de lavagem (FUNASA, 2006). A NBR 9648 (ABNT, 1986), assim como a NBR 7229 (ABNT, 1993) complementam, paralelamente, com palavras mais sucintas esta definição, como sendo “despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas”.

Uma complementação da definição de esgoto doméstico vem da bibliografia de NUVOLARI (2003), apresentando que este é gerado a partir da água de abastecimento e, portanto, sua medida resulta da quantidade de água consumida. Esta é geralmente expressa pela “taxa de consumo per capita”, variável segundo hábitos de consumo e costumes de cada localidade. É usual uma taxa de 200 L/hab.dia, mas em grandes cidades de outros países de essa taxa de consumo chega a ser de três a quatro vezes maior, resultando num esgoto mais diluído, já que é praticamente constante a quantidade de resíduo produzido por pessoa. O autor complementa a idéia somando que seria óbvio dizer que as vazões escoadas de esgoto serão maiores nesse caso de maior taxa. Também diz que, mesmo no Brasil, há capitais de estados que utilizam taxas maiores do que aquela no dimensionamento dos seus sistemas, ou parte deles. Porém, em outros casos, são usadas taxas bem menores.

A taxa per capita de água inclui uma parcela de consumo industrial relativo às pequenas indústrias disseminadas na malha urbana e também um percentual relativo às perdas do sistema de distribuição. Essas águas não chegam aos domicílios e não compõem o esgoto doméstico produzido. Por isso, a taxa individual a ser considerada no sistema de esgoto, deve ser a taxa de consumo efetivo, bem menor que a taxa de distribuição (NUVOLARI, 2003).

As fezes humanas são compostas de restos de alimentos ou mesmo, dos alimentos não transformados pela digestão, sendo também parte deste composto, as proteínas, albuminas, gorduras e hidratos de carbono. Além destes, muitos sais e uma gama de microorganismos também estão presentes nas excretas.

Já na urina, são eliminadas algumas substâncias como a uréia, resultantes das transformações químicas de compostos nitrogenados. As fezes e principalmente a urina contém grande porcentagem de água, além de matéria orgânica e inorgânica.

Nas fezes, encontra-se cerca de 20% de matéria orgânica, enquanto na urina 2,5% (FUNASA, 2006). Além dessa, outras literaturas apresentam dados e informações que se repetiram, estas indicavam que as características do esgoto se davam em função dos usos à qual foi submetido e que variavam com o clima, situação social e econômica, além dos hábitos da população. Outra maneira de demonstrar os componentes dos esgotos domésticos foi levantada em leituras paralelas, indicando que sua formação era composta de 98% de água e 2% de sólidos. Sendo composição das excretas também, Sólidos Suspensos, Sólidos Dissolvidos, Matéria Orgânica, Nutrientes (Nitrogênio e Fósforo) e a parte mais peculiar da composição das excretas, são os Organismos Patógenos ou Patogênicos (também denominados Agentes Infecciosos ou Agentes Etiológicos Animados) que são capazes de produzir doenças infecciosas em seus hospedeiros que são outros organismos vivos como as plantas e os animais e nas fezes estão presentes Vírus, Bactérias, Helmintos e Fungos.

Análises físicas e químicas feitas em laboratório, quando possuem amostras representativas, podem estudar outros compostos nos esgotos domésticos como o pH, temperatura, DBO, DQO, Nitrogênio Orgânico e Amoniacal, Fósforo, Alcalinidade, Sólidos (Totais, Fixos, Voláteis, Suspensos e Dissolvidos), Coliformes Totais e Fecais – agora mais adequadamente denominado Coliforme Termotolerante – além de Nitritos e Nitratos. E dependendo do caso, pode-se fazer uma análise de Metais Pesados, Pesticidas e etc. Esses parâmetros físico-químicos são levantados em diversas bibliografias, porém a que mais me atraiu foram as considerações feitas por (METCALF & EDDY, 2004), sobre tais parâmetros.

Sobre o destino do esgoto, NUVOLARI (2003) indica que na maioria das vezes, são coleções de águas naturais – cursos de água, lagos, lagoas, lagunas, ou mesmo o oceano -, mas também pode ser o solo convenientemente preparado para receber a descarga efluente do sistema. A esse destino final, se dá o nome de “corpo receptor”.

A tabela a seguir, apresentará os principais constituintes do esgoto doméstico.

Tabela 1 - Composição dos Esgotos Domésticos.

COMPOSIÇÃO DO "ESGOTO DOMÉSTICO"		
TIPOS DE SUBSTÂNCIAS	ORIGEM	OBSERVAÇÕES
Sabões	Lavagem de louças e roupas	-
Detergentes (podem ou não ser biodegradáveis)	Lavagem de louças e roupas	A maioria dos detergentes contém o nutriente fósforo na forma de polifosfato
Cloreto de Sódio	Cozinhas e na Urina Humana	Cada ser humano elimina pela urina de 7 a 15 gramas/dia
Fosfatos	Detergentes e Urina Humana	Cada ser humano elimina, em média pela urina, 1,5 gramas/dia
Sulfatos	Urina Humana	-
Carbonatos	Urina Humana	-
Uréia, Amoníaco e Ácido Úrico	Urina Humana	Cada ser humano elimina de 14 a 42 gramas de uréia por dia
Gorduras	Cozinhas e fezes Humanas	-
Substâncias Córneas, ligamentos da carne e fibras vegetais não digeridas	Fezes Humanas	Vão se constituir na porção de matéria orgânica em decomposições encontradas nos esgotos
Porções de Amido (glicogênio, glicose) e de Protéicos (aminoácidos, proteínas, albumina)	Fezes Humanas	Idem
Urobilina, Pigmentos Hepáticos, etc.	Urina Humana	Idem
Mucos, Células de Descamação Epitelial	Fezes Humanas	Idem
Vermes, Bactérias, Vírus, Leveduras, etc.	Fezes Humanas	Idem

COMPOSIÇÃO DO "ESGOTO DOMÉSTICO"		
TIPOS DE SUBSTÂNCIAS	ORIGEM	OBSERVAÇÕES
Outros materiais e substâncias: Areia; Plásticos; Cabelos; Se- mentes; Fetos; Madeira; Absor- ventes Femininos, etc.	Areia: Infiltrações nas redes de coleta, ba- nhos em cidades lito- râneas, águas pluviais, etc. Demais substân- cias são indevidamente lançadas no vaso sani- tário.	Bibliografias variadas (JORDÃO e PESSOA e PEGORARO) indicam valores entre 0,00424 L/m ³ (ETE de Barueri- SP) a 0,073 L/m ³ (ETE de Pinheiros - SP) esses valores podem ser levados em conta, mas não estipulados de forma generalizada
Água	-	99,90 % do Esgoto Doméstico

Fonte: Adaptada de Almeida Jr. (1985), Jordão e Pessoa (1995) e Pegoraro (s/d).

3.3. Características Físicas

Fluidas são substâncias nas quais a ação de forças externas, de mínima grandeza, provoca o movimento de suas partículas, umas em relação às outras. Podem ser líquidos ou gases. Os líquidos, quando colocados em recipientes de capacidade maior que o seu volume, apresentam uma superfície livre, ao passo que os gases ocupam toda a capacidade disponível no recipiente (AZEVEDO NETTO et al., 1998).

A forma como um líquido reage às solicitações de suas forças externas depende intrinsecamente de suas propriedades físicas, obviamente dependentes de sua composição química, ou seja, de sua estrutura molecular e de sua energia interna.

Um levantamento apresentado por NUVOLARI (2003) indica que o esgoto é um líquido cuja composição, quando não contém resíduos industriais, é de aproximadamente:

- 99,87 % de água;
- 0,04 % de sólidos sedimentáveis;
- 0,02 % de sólidos não sedimentáveis;
- 0,07 % de substâncias dissolvidas.

Em função da forte prevalência de água nessa composição do esgoto, pode-se admitir que suas propriedades físicas sejam as mesmas da água e, portanto, suas reações à ação de forças externas também são as mesmas. Por isso, que o escoamento de esgoto, em tubulações e canais, é tratado como se fosse de água, na grande maioria dos casos.

Tabela 2 - Matriz Características Físicas dos Esgotos.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
Matéria Sólida	Os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,9% de água e apenas 0,1% de Sólidos. É devido a esse pequeno percentual de 0,1% de sólidos que ocorrem os problemas de poluição das águas, trazendo a necessidade de se tratar os esgotos.
Temperatura	A temperatura do esgoto é, em geral, pouco superior à das águas de abastecimento. A velocidade de decomposição do esgoto é proporcional ao aumento da temperatura.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
Odor	Os odores característicos do esgoto são causados pelos gases formados no processo de decomposição, assim como o odor de mofo, típico do esgoto fresco é razoavelmente suportável e o odor de ovo podre, insuportável, é típico do esgoto velho ou séptico, em virtude da presença de gás sulfídrico.
Cor e Turbidez	Cor e Turbidez indicam de imediato o estado de decomposição do esgoto. A tonalidade acinzentada acompanhada de alguma turbidez é típica de esgoto fresco e a cor preta é típica de esgoto velho.
Variação da Vazão	A variação da vazão do efluente de um sistema de esgoto doméstico é em função dos costumes dos usuários do serviço. A vazão doméstica do esgoto é calculada em função do consumo médio diário de água de um indivíduo. Estima-se que para cada 100 litros de água consumida, são lançados aproximadamente 80 litros de esgoto na rede coletora, ou seja, 80% da água consumida vira esgoto.

Fonte: Adaptado de Funasa, 2007.

Das características físicas, o teor de matéria sólida é o de maior importância, em termos de dimensionamento e controle de operações das unidades de tratamento. A remoção da matéria sólida é fonte de uma série de operações unitárias de tratamento, ainda que represente apenas cerca de 0,08% dos esgotos (água compõe os restantes 99,92%) (JORDÃO, 1995). A matéria sólida total do esgoto pode ser definida como a matéria que permanece como resíduo após evaporação a 103°C. Se este resíduo é calcinado a 600° C, as substâncias orgânicas se volatilizam e as minerais permanecem em forma de cinza: compõe-se assim a matéria sólida volátil e a matéria fixa. O conhecimento da fração de sólidos voláteis apresenta particular interesse nos exames dos lodos dos esgotos para se saber sua estabilidade biológica, e nos processos de lodos ativados para se saber a quantidade de matéria orgânica tomando parte no processo.

A matéria em suspensão, para efeito de controle da operação de sedimentação, costuma ser classificada em: sedimentável (aquela que sedimenta num período razoável de tempo, tomado arbitrariamente em 1 ou 2 horas) e, não sedimentáveis (finamente dividida e que não sedimenta no tempo arbitrário de 2 horas). Em termos práticos, a matéria não sedimentável só será removida por processos de oxidação biológica e de coagulação seguida de sedimentação (JORDÃO, 1995).

Define-se ainda como matéria decantável (sólidos decantáveis) a fração que sedimenta num recipiente apropriado de 1 litro (cone

"IMHOFF") após o tempo arbitrário de 1 hora; a quantidade de matéria decantável é uma indicação da quantidade de lodo que poderá ser removida por sedimentação nos decantadores (JORDÃO, 1995).

Já a temperatura dos esgotos é, em geral, pouco superior à das águas de abastecimento - como dito na planilha acima -, em função da contribuição de despejos domésticos que tiveram as águas aquecidas. Pode, no entanto, apresentar valores reais elevados, pela contribuição de despejos industriais. Normalmente, a temperatura nos esgotos está acima da temperatura do ar, a exceção dos meses mais quentes do verão, sendo típica a faixa de 20 a 25°C.

Em relação aos processos de tratamento sua influência se dá, praticamente: nas operações de natureza biológica (a velocidade de decomposição dos esgotos aumenta com a temperatura, sendo a faixa ideal para a atividade biológica 25 a 35°C, sendo ainda 15°C a temperatura abaixo da qual as bactérias formadoras do metano se tornam inativas na digestão anaeróbia; nos processos de transferência de oxigênio (a solubilidade do oxigênio é menor nas temperaturas mais elevadas); e nas operações em que ocorre o fenômeno da sedimentação (o aumento da temperatura faz diminuir a viscosidade melhorando as condições de sedimentação) (JORDÃO, 1995).

Os odores característicos dos esgotos são causados pelos gases formados no processo de decomposição. Quando ocorrem odores diferentes e específicos, o fato se deve a presença de despejos industriais. Nas estações de tratamento o mau cheiro eventual pode ser encontrado não apenas no esgoto em si, se ele chega em estado séptico, mas principalmente em depósitos de material gradeado, de areia, e nas operações de transferência e manuseio do lodo. Assim, uma atenção especial deverá ser dada as unidades que mais podem apresentar esses odores desagradáveis, como é o caso das grades na entrada da ETE, das caixas de areia, e dos adensadores de lodo (JORDÃO, 1995).

É de se prestar a atenção nas leituras o fato de a cor e a turbidez indicarem de imediato e aproximadamente, o estado de decomposição do esgoto, ou sua "condição". Os esgotos podem, no entanto, apresentar qualquer outra cor, além da *acinzentada* e da *preta*, nos casos de contribuição importante de despejos industriais, como por exemplo, dos despejos de indústrias têxteis ou de tintas, que fornecem uma coloração mais *escura* ainda.

A turbidez não é usada como forma de controle do esgoto bruto, mas pode ser medida para caracterizar a eficiência do tratamento secundário, uma vez que pode ser relacionada à concentração de sólidos em suspensão (JORDÃO, 1995).

3.4. Características Químicas

Como dito anteriormente, as principais características químicas dos esgotos domésticos são: Matéria Orgânica e Matéria Inorgânica. Onde, cerca de 75% dos sólidos no esgoto são de origem orgânica, geralmente esses compostos orgânicos são uma combinação de carbono, hidrogênio e oxigênio e algumas vezes com hidrogênio, em processo de decomposição.

Porém, os denominados esgotos sanitários podem conter outras substâncias das mencionadas anteriormente, que são águas servidas, coletadas em áreas residenciais, comerciais e institucionais, de uma determinada cidade, que podem ou não, receber efluentes industriais.

Os grupos de substâncias orgânicas nos esgotos são constituídos principalmente por compostos de proteínas (40 a 60%), carboidratos (25 a 50%), gordura e óleos (10%) e uréia, surfactantes, fenóis e pesticidas (JORDÃO, 1995).

Já a matéria inorgânica é formada principalmente pela presença de areia e de substâncias minerais dissolvidas, como será explicado com palavras de JORDÃO, nos próximos parágrafos.

Nesses sólidos proliferam-se organismos, podendo ocorrer organismos patogênicos - também chamado de agente infeccioso ou etiológico animado, é um organismo, microscópico ou não, capaz de produzir doenças infecciosas aos seus hospedeiros sempre que estejam em circunstâncias favoráveis, inclusive do meio ambiente. Podem ser bactérias, vírus, protozoários, fungos ou helmintos. O agente patogênico pode se multiplicar no organismo do seu hospedeiro, podendo causar infecções e outras complicações (ECOJARDIM) -, dependendo da saúde da população contribuinte. Esses microorganismos são provenientes das fezes humanas. Podem ainda ocorrer poluentes tóxicos, em especial os fenóis e os denominados “metais pesados”, da mistura com efluentes industriais (NUVOLARI, 2003).

A gordura é um termo que normalmente é usado para se referir à matéria graxa, aos óleos e às substâncias semelhantes encontradas no esgoto. A gordura está sempre presente no esgoto doméstico pro-

veniente do uso de manteiga, óleos vegetais, em cozinha, pode estar presente também sob a forma de óleos minerais derivados do petróleo, e neste caso sua presença é altamente indesejável, pois geralmente são contribuições não permitidas que chegam às canalizações em grande volume ou grande concentração, aderem às paredes das canalizações e provocam seu entupimento. As gorduras e muito particularmente os óleos minerais, não são desejáveis nas unidades de transporte e de tratamento dos esgotos: aderem as paredes, produzindo odores desagradáveis, além de diminuir as seções úteis; formam "escuma", uma camada de material flutuante, nos decantadores, que poderá vir a entupir os filtros; interferem e inibem a vida biológica; trazem problemas de manutenção. Em vista disso, costuma-se limitar o teor de gordura nos efluentes (JORDÃO, 1995).

Os surfactantes são constituídos por moléculas orgânicas com a propriedade de formar espuma no corpo receptor ou na estação de tratamento em que o esgoto é lançado. Tendem a se agregar à interface ar-água, e nas unidades de aeração aderem à superfície das bolhas de ar, formando uma espuma muito estável e difícil de ser quebrada. O tipo mais comum é o chamado ABS (Alquil – Benzeno – Sulfonado), típico dos detergentes sintéticos e que apresenta resistência a ação biológica; este tipo vem sendo substituído pelos do tipo "LAS" (Arquil – Sulfonado – Linear) que é biodegradável (JORDÃO, 1995).

Já a matéria inorgânica contida nos esgotos é formada, principalmente, pela presença de areia e de substâncias minerais dissolvidas, como apresentado na planilha. A areia é proveniente de águas de lavagem das ruas e de águas de subsolo, que chegam as galerias de modo indevido ou que se infiltram através das juntas das canalizações. Raramente os esgotos são tratados para remoção de constituintes inorgânicos, salvo a exceção de alguns despejos industriais (JORDÃO, 1995).

Em termos elementares, o esgoto doméstico contém basicamente: C (Carbono), H (Hidrogênio), O (Oxigênio), N (Nitrogênio), P (Fósforo), S (Enxofre) e outros micro-elementos.

A tabela a seguir apresenta a descrição destes constituintes químicos das águas dos esgotos domésticos.

Tabela 3 - Matriz Características Químicas dos Esgotos.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS		
Matéria Orgânica	PROTEÍNAS	São produtoras de nitrogênio e contêm carbono, hidrogênio, oxigênio, algumas vezes fósforos, enxofre e ferro. As proteínas são o principal constituinte de organismo animal, mas ocorrem também em plantas. O gás sulfídrico nos esgotos é proveniente do enxofre fornecido pelas proteínas.
	CARBOIDRATOS	Contém carbono, oxigênio e hidrogênio. São as principais substâncias a serem destruídas pelas bactérias, com a produção de ácidos orgânicos (por esta razão os esgotos velhos apresentam maior acidez).
	GORDURA	É o mesmo que matéria graxa e óleos, provem geralmente do esgoto doméstico graças ao uso de manteiga, óleos vegetais (de soja, de oliva, de girassol e milho), da carne e etc.
	SULFATANS	São constituídos por moléculas orgânicas com a propriedade de formar espuma no corpo receptor ou na estação de tratamento de esgoto.
	FENÓIS	São compostos orgânicos originados em despejos industriais.
Matéria Inorgânica		Formada pela presença de areias e de substâncias minerais dissolvidas.

Fonte: Adaptado de Funasa, 2007.

Quando o esgoto sanitário, coletado nas redes, é lançado in natura nos corpos d'água - isto é, "sem receber nenhum tratamento prévio" -, dependendo das relações entre as vazões do esgoto lançado e do corpo receptor, pode-se esperar sérios prejuízos à qualidade dessa água. Além do aspecto visual desagradável, pode haver um declínio dos níveis de oxigênio dissolvido, afetando a sobrevivência dos seres de vida aquática; também, a exalação de gases mal-cheirosos; e possibilidade de contaminação de animais e seres humanos pelo consumo ou contato com essa água (NUVOLARI, 2003).

Há de se destacar que o crescimento populacional das cidades só tende a agravar problemas como esses, uma vez que há a relação direta entre o aumento populacional e o aumento do volume de esgoto coletado diariamente.

O objetivo de cargos profissionais, como o de um Engenheiro Sanitarista e Ambiental, é manter a qualidade dos corpos receptores, permitindo e protegendo os diversos usos dessa água, em especial como manancial para abastecimento público, sem riscos à saúde da população. É também muito importante garantir a sobrevivência dos seres de vida aquática e os aspectos estéticos, relacionados com a qualidade de vida dessa população.

A tabela a seguir, apresentará os principais inconvenientes do lançamento de esgoto sanitário nos corpos d'água.

Tabela 4 – Inconvenientes do lançamento *in natura* de Esgotos.

INCONVENIENTES DO LANÇAMENTO <i>IN NATURA</i> DE ESGOTOS DOMÉSTICOS NOS CORPOS D'ÁGUA	
Matéria Orgânica Solúvel	Provoca a depleção (diminuição ou mesmo a extinção) do oxigênio dissolvido, contido na água dos rios e estuários. Mesmo tratado, o despejo deve estar na proporção da capacidade de assimilação do curso d'água. Algumas dessas substâncias podem ainda causar gosto e odor às fontes de abastecimento de água. Ex: Fenóis.
Elementos Potencialmente Tóxicos	Ex: Cianetos, Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Selênio, Zinco, etc. Apresentam problemas, de toxicidade (a partir de determinadas concentrações), tanto às plantas quanto aos animais e ao homem, podendo ser transferidos através da cadeia alimentar.
Cor e Turbidez	Indesejáveis do ponto de vista estético. Exigem maiores quantidades de produtos químicos para o tratamento dessa água. Interferem na fotossíntese das algas nos lagos (impedindo a entrada de luz em profundidade).
Nutrientes	Principalmente Nitrogênio e Fósforo, aumentam a eutrofização dos lagos e dos pântanos. Inaceitáveis nas áreas de lazer e recreação.
Materiais Refratários	Aos tratamentos: Ex.: ABS (alquil-benzeno-sulfurado). Formam espumas nos rios; Não são removidos nos tratamentos convencionais.

INCONVENIENTES DO LANÇAMENTO <i>IN NATURA</i> DE ESGOTOS DOMÉSTICOS NOS CORPOS D'ÁGUA	
Óleos e Graxas	Os regulamentos exigem geralmente sua completa eliminação. São indesejáveis esteticamente e interferem com a decomposição biológica (os microorganismos, responsáveis pelo tratamento, geralmente morrem se a concentração de óleos e graxas for superior a 20 mg/L).
Ácidos e Alcalis	A neutralização é exigida pela maioria dos regulamentos; dependendo dos valores de pH do líquido há interferência com a deposição biológica e com a vida aquática.
Materiais em Suspensão	Formam bancos de lama nos rios e nas canalizações de esgoto. Normalmente provocam decomposição anaeróbia da matéria orgânica, com liberação de gás sulfídrico (cheiro de ovo podre) e outros gases malcheirosos.
Temperatura elevada	Poluição térmica que conduz ao esgotamento do oxigênio dissolvido no corpo d'água (por abaixamento do valor de saturação).

Fonte: Jordão e Pessoa (1995).

3.5. Características Biológicas

As principais características biológicas dos esgotos domésticos são os: microorganismos de águas residuais e os indicadores de poluição. Estes dois componentes da caracterização do esgoto serão mais bem apresentados na Tabela 5, a seguir.

Tabela 5 – Características Biológicas dos Esgotos.

CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS	
Microorganismos de Águas Residuais	Os principais organismos encontrados nos esgotos, são: BACTÉRIAS, FUNGOS, PROTOZOÁRIOS, VÍRUS e as ALGAS. Deste grupo, as BACTÉRIAS são as mais importantes, pois são responsáveis pela decomposição e estabilização da matéria orgânica, tanto na natureza como nas estações de tratamento.
Indicadores de Poluição	Existem diversos organismos cuja presença num corpo d'água indica uma forma qualquer de poluição. Para indicar no entanto a poluição de origem humana costuma-se adotar os organismos do grupo coliforme como "indicadores". As bactérias "coliformes" são típicas do intestino do homem e de outros animais de sangue quente (mamíferos) e por estarem presentes nas fezes humanas (100 a 400 bilhões de coliformes/hab.dia) e de simples determinação, são adotadas como referência para indicar e medir a grandeza da poluição. Seria por demais trabalhoso e antiecoômico se realizar análises para determinar a presença de patogênicos no esgoto; ao invés disto se determina a presença de coliformes e, por segurança, se age como se os patogênicos também estivessem presentes.

Fonte: Adaptado de Funasa, 2007.

Utilizando os microorganismos citados na primeira linha da tabela anterior, um levantamento bibliográfico, levou a encontrar em uma aula concedida pela Dra. Gersina Nobre da R.C.Junior, que teve em sua formação profissional, um título de Mestrado, no nosso departamento da Engenharia Sanitária e Ambiental. Com esse material de aula lecionada pela Dra Gersina, foi possível produzir um quadro para melhor visualização dos microorganismos relacionados à suas descrições e riscos. Esse quadro está ilustrado pela Tabela 6 a seguir.

Ou seja, as transmissões de muitas doenças estão intimamente ligadas ao contato ou ingestão de contaminantes presentes nos esgotos domésticos. Fato esse encontrado em larga escala no nosso país, pela falta de estrutura em saneamento básico para milhões de brasileiros, que vivem em meio aos próprios resíduos sólidos e dejetos líquidos, muitas vezes despejados em corpos hídricos que permeiam os bairros e vilas aparentemente de nível humilde de civilização.

A falta de estruturas, ações e leis para com o Saneamento Básico, principalmente para o Esgotamento Sanitário, é um grande problema de nosso país. Pois a falta de investimentos políticos e financeiros nesse setor, gera uma avalanche que cai sobre outros setores, como principalmente o da Saúde.

Polêmicas populares como hospitais lotados e números estatísticos preocupantes para o IBGE, poderiam ser evitados caso houvesse um maior interesse pelas partes políticas tanto estaduais como federais, para adotar medidas de maior intervenção e melhorias no saneamento do Brasil, que é um país rico de tecnologias e matérias primas para execução das obras necessárias.

MICROORGANISMO	DESCRIÇÃO	RISCOS
Bactérias	<ul style="list-style-type: none"> -Organismos protistas e unicelulares -Apresentam em várias formas e tamanhos -São os principais responsáveis pela estabilização da matéria orgânica -Algumas bactérias são patogênicas, causando principalmente doenças intestinais. 	Disenterias bacilar, Cólera, Leptospirose, Salmonelose etc.
Fungos	<ul style="list-style-type: none"> -Organismos aeróbios, multicelulares, não fotossintéticos, heterotróficos. -Também de grande importância na decomposição da matéria orgânica. -Podem crescer em condições de baixo pH. 	Tuberculose, Febre Tifóide, Leptospirose, Pneumonia, etc.
Protozoários	<ul style="list-style-type: none"> -Organismos unicelulares sem parede celular -A maioria é aeróbia e facultativa -Alimentam-se de bactérias, algas e outros microrganismos. -São essenciais no tratamento biológico para a manutenção de um equilíbrio entre os diversos grupos. -Alguns são patogênicos 	Helmintos, Disenteria amebiana, Giardíase, Criptosporidíase
Vírus	<ul style="list-style-type: none"> -Organismos parasitas, formados pela associação de material genético (DNA ou RNA) e uma carapaça protéica. -Causam doenças e podem ser de difícil remoção no tratamento da água ou do esgoto. 	Hepatite infecciosa, Gastroenterite, Poliomielite, etc.
Helmintos	<ul style="list-style-type: none"> -Animais superiores -Ovos de helmintos presentes nos esgotos podem causar doenças. 	Ascariíase, Esquistossomose, Teníase, Ancilostomíase, Filariose, etc.

Tabela 6 - Riscos oferecidos pelos microorganismos patogênicos.

Fonte: PROSAB, 1999.

Tipos e Transmissões de doenças relacionadas com os dejetos:

As doenças relacionadas com os dejetos, mais comuns no meio rural e em regiões em desenvolvimento, podem ser divididas em seis grupos, conforme listados na Tabela 7 - Tipos de doenças relacionadas com os dejetos. A maioria das doenças transmissíveis se “espalha” da maneira como está esquematizada na Figura 6, cujos modos de transmissão estão na Tabela 7, segunda coluna. Qualquer que seja o caminho seguido para que aconteça a transmissão, as portas de entrada do agente infeccioso no organismo humano são basicamente duas: a *boca* e a *pele* (CISAM, 2006).

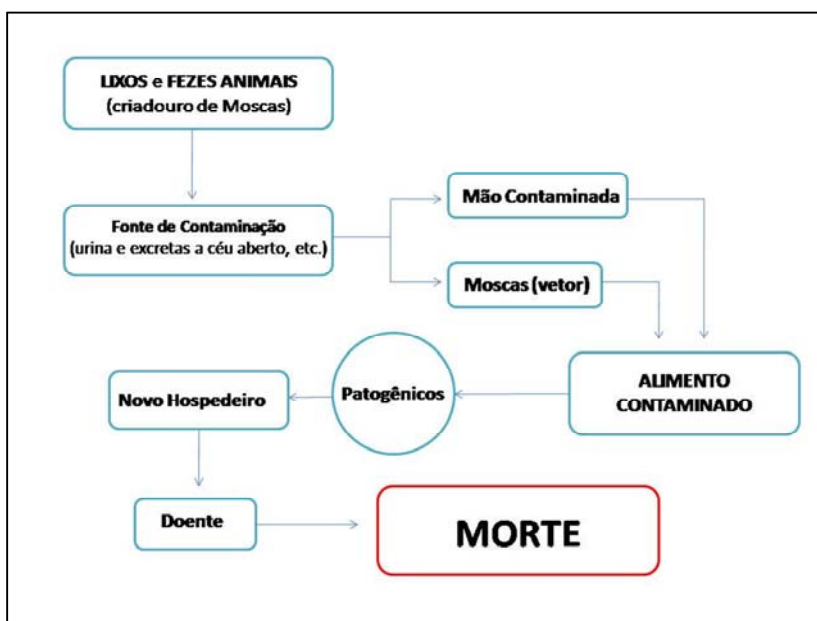


Figura 6 – Transmissão de doenças.

Fonte: Adaptado de Filho e Feitosa, 2002.

Então, na bibliografia pesquisada, diz-se que, a *boca* é a “porta de entrada” para:

- Ovos de *Ascaris* (lombrigas) e de *Tênias* (solitárias);
- Cistos de *Ameba*;
- Germes que causam *Diarréia*, *Cólera*, *Hepatite*, etc.

Todos eles entram, em geral, com o alimento e com a água de beber contaminados com fezes. Essa contaminação se dá em geral através de mãos sujas, de vetores, da manipulação de alimentos e utensílios domésticos (pratos, copos, xícaras, etc.) e do consumo da água contaminada.

Já a *pele* é considerada uma “porta de entrada” para:

- Ovos de *Ascaris* (lombrigas) e de *Tênias* (solitárias);
- Larvas de *Ancilostomídeos* (vermes do amarelão), cuja penetração se dá pelo contato da pele com solo contaminado (pés descalços ou mãos que mexem com a terra);
- Larvas do *Shistosoma* (vermes da esquistossomose, *Shistosoma* ou “barriga d’água”), cuja penetração ocorre no contato da pele com água contaminada, através de banhos, lavagem de roupa, pesca-ria, trabalho na água (rios, açudes onde existe o caramujo hospedeiro do verme);
- Larvas do *Ancilóstomo* do cachorro, que podem penetrar na pele pelo contato com solo contaminado. Não sendo o homem hospedeiro desse verme, as larvas ao penetrarem na pele se perdem e transi- tam sem orientação debaixo da pele, criando túneis e causando des- conforto à pessoa contaminada.

Tabela 7 - Tipos de doenças relacionadas com os dejetos.

DOENÇAS RELACIONADAS COM OS DEJETOS			
GRUPO DE DOENÇAS	FORMAS DE TRANSMISSÃO	PRINCIPAIS DOENÇAS	FORMAS DE PREVENÇÃO
Feco-Oral (Não Bacterianas)	Contato de pessoa a pessoa quando não se tem higiene pessoal adequada, o agente causador da doença é ingerido e provoca a doença	<ul style="list-style-type: none"> • Poliomelite • Hepatite tipo B • Giardíase • Disenteria Amebiana • Diarréias por vírus 	<ul style="list-style-type: none"> • Implantar sistema de abastecimento de água • Melhorar as moradias e as instalações sanitá-rias • Promover a Educação Sanitária
Feco-Oral (Bacterianas)	Contato de pessoa a pessoa, a ingestão e contato com alimen- tos contaminados e	<ul style="list-style-type: none"> • Febre Tifóide e Paratifóide 	<ul style="list-style-type: none"> • Implantar sistema de abastecimento de água e disposição de esgotos

DOENÇAS RELACIONADAS COM OS DESETO			
GRUPO DE DOENÇAS	FORMAS DE TRANSMISSÃO	PRINCIPAIS DOENÇAS	FORMAS DE PREVENÇÃO
	contato com fontes de água contaminadas com fezes.	<ul style="list-style-type: none"> • Diarréias e disenterias bacterianas, como a Cólera 	<ul style="list-style-type: none"> • Melhorar as moradias e as instalações sanitárias • Promover a Educação Sanitária
Helmintos (transmitidos pelo solo)	Ingestão de alimentos contaminados e contato da pele com o solo contaminados com fezes	<ul style="list-style-type: none"> • Ascariíase (Lombrigas) • Tricuríase • Ancilostomíase (Amarelão) 	<ul style="list-style-type: none"> • Construir e manter limpas, instalações sanitárias
			<ul style="list-style-type: none"> • Tratar os esgotos antes da disposição no solo
			<ul style="list-style-type: none"> • Evitar o contato da pele com o sol (andar calçado)
Helmintos associados à água (uma parte do ciclo de vida do agente infeccioso ocorre em um animal aquático)	Contato da pele com água contaminada	<ul style="list-style-type: none"> • Esquistossomose 	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar o contato de pessoas com águas infectadas • Construir instalações sanitárias adequadas • Adotar medidas adequadas para a disposição de esgotos • Combater o hospedeiro intermediário, o Caramujo
Tênias (Solitárias) na carne do Boi ou do Porco	Ingestão de carne mal cozida de animais contaminados	<ul style="list-style-type: none"> • Teníase • Cisticercose 	<ul style="list-style-type: none"> • Construir instalações sanitárias adequadas • Tratar os esgotos antes da disposição no solo • Inspeccionar a carne e ter cuidados na sua preparação (cozimento)
Transmitidas por vetores que se relacionam com as fezes	Procriação de insetos em locais contaminados com fezes	<ul style="list-style-type: none"> • Filariose (Elefantíase) 	<ul style="list-style-type: none"> • Combater os insetos transmissores • Eliminar condições que possam favorecer criadouros

DOENÇAS RELACIONADAS COM OS DEJETOS			
GRUPO DE DOENÇAS	FORMAS DE TRANSMISSÃO	PRINCIPAIS DOENÇAS	FORMAS DE PREVENÇÃO
			<ul style="list-style-type: none"> • Evitar contato com criadouros • Utilizar meios de proteção individual

Fonte: Barros et al - Manual de Saneamento Proteção Ambiental para os Municípios, VOL. 2

4. TECNOLOGIAS UNIFAMILIARES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO

4.1. Tanque Séptico Biodigestor

O Tanque Séptico Biodigestor é um sistema de biodigestão anaeróbica para tratar o esgoto sanitário (fezes e urina) de uma residência, particularmente de zona rural, onde moram até cinco pessoas. O efluente líquido tratado que sai da Fossa Séptica Biodigestora pode ser utilizado na agricultura como um, muito bom, biofertilizante, para aplicação no solo e em cultura agrícolas (NOVAES, et al., 2002).

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e o Abastecimento (FAO), a agricultura de base familiar reúne 14 milhões de pessoas, mais de 60% do total de agricultores, e detém 75% dos estabelecimentos agrícolas no Brasil.

É comum nessas propriedades o uso de fossas rudimentares (fossa "negra", poço, buraco, etc.), que contaminam águas subterrâneas e, obviamente os poços de água, os conhecidos poços "caipiras". Assim, há a possibilidade de contaminação dessa população, por doenças veiculadas pela urina, fezes e água, como hepatite, cólera, salmonelose e outras (NOVAES, et al., 2002).

Em suma, o biodigestor aqui estudado tem dois objetivos:

1) Substituir, a um custo barato para o produtor rural, especialmente, e também outros utilizadores desse sistema, o esgoto a céu aberto e as fossas sépticas "negras";

2) Utilizar o efluente como um adubo orgânico, minimizando gastos com adubação química, ou seja, melhorar o saneamento rural e desenvolver a agricultura orgânica.

O sistema representado na Figura 7 é composto por duas caixas de cimento amianto ou plástico de 1000 litros cada (5), facilmente encontradas no comércio, conectadas exclusivamente ao vaso sanitário, (pois a água do banheiro e da pia não têm potencial patogênico e sabão ou detergente tem propriedades antibióticas que inibem o processo de biodigestão) e a uma terceira de 1000 litros (6), que serve para coleta do efluente (adubo orgânico). As tampas dessas caixas devem ser vedadas com borracha e unidas entre si por tubos e conexões de

PVC de 4", com curva de 90° longa (3) no interior das caixas e Tê de inspeção (4) para o caso de entupimento do sistema.

Os tubos e conexões devem ser vedados na junção com a caixa com cola de silicone e o sistema deve ficar enterrado no solo para manter o isolamento térmico. Inicialmente, a primeira caixa deve ser preenchida com aproximadamente 20 litros de uma mistura de 50% de água e 50% esterco bovino (fresco). O objetivo desse procedimento é aumentar a atividade microbiana e consequentemente a eficiência da biodigestão, dever ser repetido a cada 30 dias com 10 litros da mistura água/esterco bovino através da válvula de retenção (1). O sistema consta ainda de duas chaminés de alívio (2) colocadas sobre as duas primeiras caixas para a descarga do gás acumulado (CH₄). A coleta do efluente é feita através do registro de esfera de 50 mm (7) instalado na caixa coletora (6). Caso não se deseje aproveitar o efluente como adubo e utilizá-lo somente para irrigação, pode-se montar na terceira caixa um filtro de areia, que permitirá a saída de água sem excesso de matéria orgânica dissolvida (NOVAES, 2002).

A lista de material necessário para a construção do sistema é a seguinte:

Tabela 8 - Material necessário para a construção.

Item	Quantidade	Unidade	Descrição
1	3	pç	Caixa de cimento amianto de 1000 L
2	6	m	Tubo de PVC 100 mm para esgoto
3	1	pç	Válvula de retenção de PVC 100 mm
4	2	pç	Curva de 90° longa de PVC 100 mm
5	3	pç	Luva de PVC 100 mm
6	2	pç	Tê de inspeção de 100 mm
7	10	pç	O'ring 100 mm
8	2	m	Tubo de PVC soldável 25 mm
9	2	pç	Cap de PVC soldável 25 mm
10	2	pç	Flange de PVC soldável 25 mm
11	1	pç	Flange de PVC soldável 50 mm
12	1	m	Tubo de PVC soldável 50 mm
13	1	pç	Registro de esfera de PVC 50 mm

Item	Quantidade	Unidade	Descrição
14	2	tb	Cola de silicone de 30 g
15	25	m	Borracha de vedação 15 X 15 mm
16	1	tb	Pasta Lubrificante para juntas elásticas em PVC - rígido 400 g
17	1	tb	Adesivo para PVC - 100 g
18	1	litro	Neutrol

Fonte: Novaes, 2002.

A seguir, outra tabela, indicando a quantidade mínima de ferramentas necessárias para a construção de um sistema de Fossa Biodigestora. Diz-me mínima, pensando na hipótese de haverem contratempos e a necessidade de improvisar alguma montagem, colagem, ou cortes e etc.

Tabela 9 - Ferramentas Mínimas Necessárias.

Item	Quantidade	Unidade	Descrição
1	1	pç	Serra Copo 100 mm
2	1	pç	Serra Copo 50 mm
3	1	pç	Serra Copo 25 mm
4	1	pç	Aplicador de Silicone
5	1	pç	Arco de Serra com lâmina de 24 dentes
6	1	pç	Furadeira elétrica
7	1	pç	Pincel de 3/4 "
8	1	pç	Pincel de 4 "
9	1	pç	Estilete ou faca afiada
10	2	fl	Lixa comum nº 100

Fonte: Novaes, 2002.

Se não for utilizar o efluente como adubo orgânico, alguns materiais a mais além dos citados até aqui, serão utilizados:

- Areia fina lavada;
- Pedra britada nº 1;
- Pedra britada nº 3;
- Tela de nylon fina (tipo mosquiteiro).

Esses materiais serão necessários para utilizar na construção da caixa ilustrada a seguir, figura 3, que terá a função de remover a matéria orgânica presente no sistema de tratamento de efluentes líquidos.

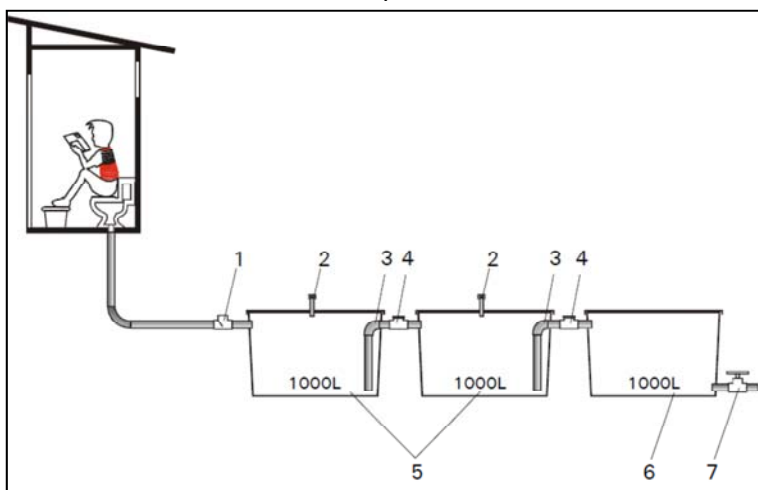


Figura 7 - Esquema da Fossa Séptica Biodigestora
Fonte: Embrapa, 2002.

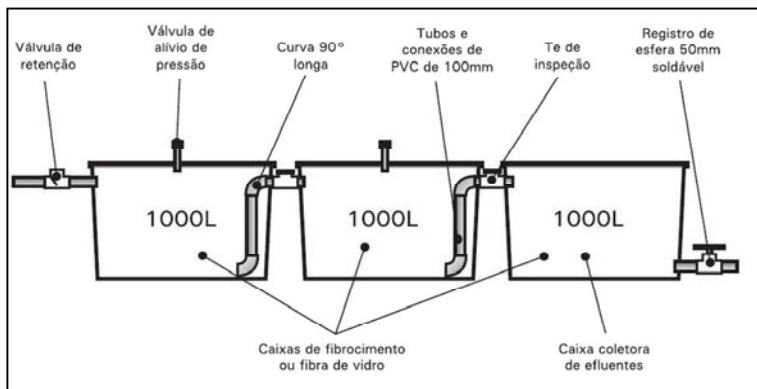


Figura 8 - Esquema Ampliado da Fossa Séptica Biodigestora.

Fonte: Galindo et al., 2010.

Procedimento de montagem do sistema:

O procedimento a seguir foi ensinado em uma das edições do programa televisivo Globo Rural, onde esta tecnologia foi muito bem apresentada, inclusive no jornal eletrônico do programa (<http://revistagloborural.globo.com/GloboRural/0,6993,EEC921359-4528-2,00.html>).

Observação Importante: Uma vez por mês, acrescentar à mistura esterco e água. Os números relacionados abaixo estão indicados na figura do Perfil do Sistema e indicam algumas ações de operação.

1. Mistura com 50% de água e 50% de esterco bovino fresco;
2. A água desta caixa pode ser usada para Fertirrigação.;
3. Ou liberada para o subsolo, sem risco para o lençol freático.

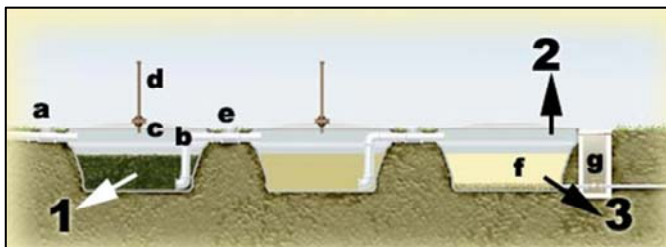


Figura 9 - Perfil do Sistema de Fossa Biodigestora.

Fonte: Jornal Globo Rural; Ilustração: Antônio Figueiredo.

1º. Para montar a fossa séptica biodigestora você vai precisar de três caixas-d'água de mil litros cada. Como ficarão enterradas, recomenda-se o uso de Caixas de Fibra de Vidro ou de Cimento, pois esses materiais suportam altas temperaturas e duram mais. Antes de cavar os buracos no solo para colocar as caixas, você vai precisar furá-las para inserir os Tubos de PVC. Utilize uma Serra Copo diamantada de 100 milímetros para fazer os furos. Caso não tenha essa ferramenta, marque o furo usando o cano como modelo e, com uma Broca de Vídea, de um quarto de polegada, faça pequenos orifícios. Com uma Talhadeira, finalize o buraco e depois o lime com uma Lixa Grossa. Os tubos e conexões devem ser vedados com cola de silicone na junção com a caixa.

2º. Cave no solo três buracos de aproximadamente 80 centímetros cada para colocar as caixas. Conecte o sistema exclusivamente ao vaso sanitário. Não o ligue a tubos de pias, pois a água que vem delas não é patogênica. Além disso, sabão e detergente inibem o processo de biodigestão.

3. Utilize um Tubo de PVC de 100 milímetros para ligar a privada a primeira caixa. Para facilitar a vazão, deixe este cano com uma inclinação de 5% (5 metros de profundidade, a cada 100 metros de extensão) entre o Vaso e o Sistema. Para não correr o risco de sobrecarga, não use válvulas de descarga. Prefira caixas que liberem entre sete e dez litros de água a cada vez que é acionada. Coloque uma válvula de retenção **(a)** antes da entrada da primeira caixa para colocar a mistura de água e esterco bovino.

4º. Ligue a segunda caixa à primeira com um Cano Curva de 90° **(b)**. Feche as duas tampas com Borracha de Vedação de 15 por 15 milímetros **(c)** e coloque um Cano em cada uma delas que servirá de Chaminé **(d)** para liberar o gás metano acumulado. Não vede a terceira caixa, pois é por ela que você irá retirar o adubo líquido. Entre as três caixas, coloque um Tê de Inspeção para o caso de entupimento **(e)**.

5º. Caso você não queira utilizar o adubo, faça na terceira caixa um filtro de areia para permitir a saída de água sem excesso de matéria orgânica (Figura 10). Coloque no fundo uma tela de nylon fina. Sobre

ela, ponha uma camada de dez centímetros de pedra britada número três e dez centímetros da de número um, nessa ordem, e mais uma tela de nylon (f). Depois, coloque uma camada de areia fina lavada. Instale um registro de esfera de 50 milímetros para permitir que essa água vá para o solo (g).

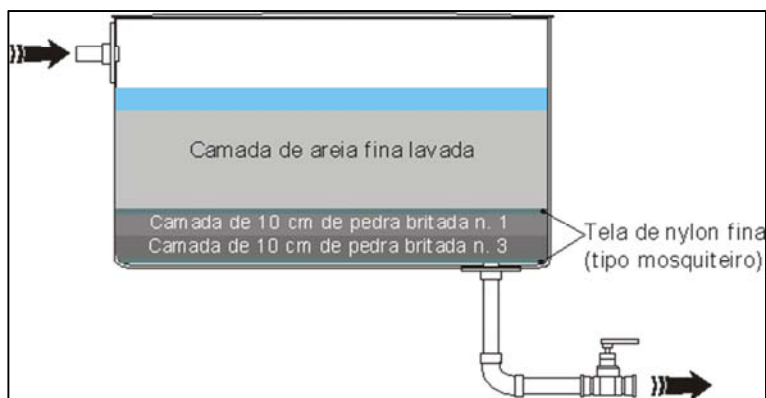


Figura 10 - Desenho esquemático do Filtro de Areia (Última caixa da Fossa Biodigestora, projetada para a remoção da matéria orgânica).

Fonte: Embrapa, 2002.

Pelos estudos da Embrapa, esse tipo de sistema é ideal para uma família composta por 05 (cinco) pessoas que despejam 50 litros de água e resíduos líquidos por dia. Se houver mais gente, a sugestão é colocar mais uma caixa de mil litros.

Segundo o pesquisador Antonio Pereira de Novaes, o custo da Fossa Biodigestora é de aproximadamente R\$ 1 mil reais.

Para as propriedades que já estão com os lençóis freáticos contaminados, a Embrapa recomenda o uso de um clorador entre o cano de captação de água do poço e o reservatório. Isso elimina os microorganismos e garante água potável.



Figura 11 - Esquema de uma Fossa Biodigestora.
Fonte: Globo Rural, 2011.



Imagem 1- Esquema real de uma Fossa Biodigestora.

4.2. Tratamento de Efluentes Líquidos por Filtro Biológico com Zona de Raízes e Piscicultura para combate de Larvas de Mosquitos

Embasando-se em diversos estudos e pesquisas, foi desenvolvido por Pedro Simão da Cruz Filho (FILHO, 2010) um sistema que permite, ao mesmo tempo, tratar o efluente líquido oriundo do sistema convencional de esgoto doméstico e combater com eficiência larvas dos mosquitos da Dengue, Malária, Febre Amarela e até mesmo os Perni-longos (são termos gerais para designar diversos insetos da subordem Nematocera). Por constituírem uma nomenclatura vulgar, isso é não tendo as regras da nomenclatura científica, abarcam diversos táxons como os mosquitos-palha e os mosquitos-pólvora – muitas vezes inconvenientes nas casas onde existe muita vegetação em seu redor, ou seja, zonas rurais.

Sendo esse sistema estabelecido a partir de princípios biológicos, de fácil montagem e de baixo custo para implantação, pode ser instalado em diversas regiões do estado de Santa Catarina e do país, mesmo em locais de periferias onde se encontram populações mais humildes de baixa renda e sem acesso à água potável e o mínimo de saneamento básico.

Esse sistema conta com o que o autor chama de “módulos” e eles são quatro, ligados em série, para executar o tratamento do despejo ligado à pequena rede doméstica das quatro famílias, em Santo Amaro da Imperatriz - SC. O primeiro módulo consta de uma fossa séptica e um filtro biológico; o segundo módulo existe com uma caixa d’água de 1000 L preenchido com pedra, pedregulho, areia, terra e plantas terrestres em sua superfície; o terceiro módulo, também uma caixa de 1000 L, conta com plantas aquáticas do tipo Aguapés para suas atividades, assim como pequenos peixes da família Lebiste para combate de larvas de mosquitos; o quarto e último módulo, possui uma caixa d’água, com plantas macrófitas superficiais, denominadas Cabombas além de Alfaces d’Água, aliadas à presença do mesmo Lebiste, para se alimentar de mais larvas de mosquitos, em meio a esse ambiente repleto de nutrientes.

Pedro Simão considera como um diferencial, desse sistema para com os demais existentes, é o fato de o líquido tratado apresentar sinais de boa oxigenação em função das atividades desenvolvidas pelas plantas aquáticas submersas, além do combate de larvas de mosquitos transmissores de doenças. Esse sistema vem sendo testado, em caráter

experimental há alguns anos, apresentando bons resultados no que se diz respeito da estética da água que sai do sistema. O protótipo atende uma demanda de esgotamento doméstico de quatro famílias, um total de quinze pessoas, que têm toda a canalização dos esgotos de suas residências interligadas e tratadas pelo mesmo.

O autor do projeto afirma que após o tratamento, o efluente poderá ser reaproveitado para fins como limpeza de varandas e calçadas, lavação de carros, rega de plantas, entre outras funções. Contudo, o líquido tratado não poderá ser consumido, ingerido ou aplicado em regas de leguminosas, verduras, ou lavação de frutas. Em caso de não haver interesse no reaproveitamento do efluente tratado, este poderá ser devolvido à natureza de maneira a isentar os córregos, rios, lagos, lençol freático e mar de absorver os poluentes presentes no esgoto in natura (termo apresentado anteriormente, na caracterização dos esgotos).

Por ser um sistema de caráter biológico, que se utiliza de princípios básicos naturais, com vegetais por suas raízes como agentes principais do tratamento, este sistema é entendido como auto-sustentável, se tornado um atrativo de embelezamento em forma de jardim, contendo plantas que produzem flores. Tudo isso, sem provocar quaisquer inconvenientes, como fortes odores e irradiação de doenças, ou de agente patogênicos, atraindo a participação de animais e insetos benéficos ao homem. Da mesma maneira, a complementação aquática do sistema com a piscicultura inserida, atua no combate às larvas de mosquitos, dando vida novamente a um líquido, que depois de tratado, apresenta-se sem odor, sem cor, oxigenado e com possibilidade de gerar vidas, que em circunstâncias anteriores, não proporcionaria qualquer sobrevivência das espécies de pequenos peixes e vegetais (FILHO, 2010).

EXECUÇÃO:

O autor dessa tecnologia mostra em seu trabalho, que, para que os módulos de tratamento dos efluentes domésticos estejam implantados e em funcionamento será necessário executar algumas ações.

Essas ações são algumas de grande importância como a Elaboração do Projeto; o Levantamento de Ferramentas para montagem do sistema; o Levantamento de Materiais necessários para operação; Compra dos materiais e ferramentas; Preparo do local a ser implantada

a pequena estação de tratamento de esgotos; Montagem dos quatro módulos da estação de tratamento; Realizar um teste de fluxo dos efluentes; Realizar a ligação definitiva do sistema.

Durante as entrevistas com o autor do projeto, foi mencionada por ele, a preferência por não expor detalhadamente a sequência de montagem e construção, além da manutenção do sistema, justamente pelo fato de ser um “protótipo” e ainda não haver outro sistema igual a este, o autor pediu com respeito, que não fossem divulgadas as maneiras mais expressivas e detalhadas da elaboração deste projeto. É de se entender, pois é visível a dedicação e tempo investido para esse estudo dar certo. Caberá a ele, procurar maneiras de espalhar essa idéia, ou concorrer em prêmios oferecidos por Fundações de grande porte, para darem suporte e apoio financeiro para as pesquisas e divulgação do trabalho.

Então, a seguir serão expostas, de maneira sucinta e com palavras simples, as maneiras de montar os quatro módulos da estação de tratamento de efluentes líquidos. O texto de exposição foi adaptado de FILHO, 2010.

Montagem do Primeiro Módulo (M1):

Esse primeiro módulo, ou seja, a Fossa Séptica e o Filtro Biológico devem ser montados de forma a garantir o recebimento do primeiro estágio do efluente, melhor dizendo, em sua forma bruta. Primeiramente, na Fossa Séptica (ou Tanque Séptico) se acumularão os resíduos contendo as partes mais sólidas. O Tanque Séptico recebe as águas residuárias que vem de atividades distintas como: descarga sanitária, despejo de lavatórios, águas do asseio corporal e de lavagem de roupas, de modo contínuo e, portanto, à entrada dessas águas corresponderá a saída de idêntica quantidade de esgoto tratado.

As principais funções do Tanque Séptico são sedimentação de partículas sólidas, digestão de lodo e armazenamento do lodo digerido. A sedimentação é caracterizada pela deposição de partículas sólidas no fundo do tanque por ação do seu próprio peso. Essas partículas assim depositadas vão formando, com o tempo, uma camada de lodo, no fundo do tanque, que vai sendo atacada e transformada (digerida) por micróbios decompositores que, assim, reduzem a quantidade de lodo. O lodo transformado ou digerido vai ficando dentro do tanque séptico

até que, transcorrido o período de uso da fossa, ocorra a limpeza (CISAM, 2006).

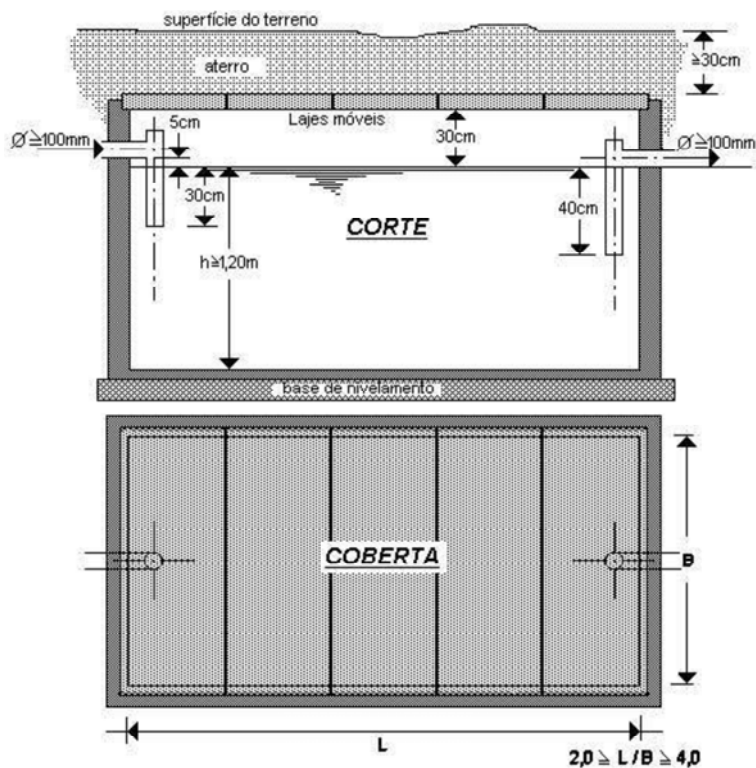


Figura 12 - Estrutura convencional de uma fossa séptica prismática de câmara única. Fonte: Filho e Feitosa (2002).

Cálculo da capacidade de uma Fossa Séptica:

Esse material de cálculo, a seguir, foi adaptado do Manual de Saneamento Rural, apresentado pelo CISAM (2006).

O cálculo da capacidade (Volume Útil) de uma fossa séptica é baseado nas funções que ela desempenha, ou seja, sedimentação, digestão do lodo e acumulação de lodo digerido. Para fossa de uma única câmara ou compartimento o volume útil (V_u) será:

$$V_u = V_1 + V_2 + V_3$$

Onde:

V_1 , V_2 , e V_3 são respectivamente as parcelas de volume correspondentes às funções desempenhadas pela fossa conforme citado acima.

$$V_1 = N.C.T$$

$$V_2 = N. L_f. T_d. R_2$$

$$V_3 = N L_f. T_a. R_1$$

Em que:

- N representa o número de usuários da fossa (pessoas);
- C = contribuição de esgotos de cada pessoa por dia (L/pessoa.dia) e, dependendo da região e do tipo de prédio, C pode variar entre 100 e 200 L/pessoa.dia;
- T = tempo de detenção hidráulica (tempo necessário para que as partículas sólidas desçam para o fundo do tanque) (dias). Normalmente igual a 1 dia;
- L_f = Contribuição de lodo fresco por pessoa por dia. Normalmente, 1 L/pessoa.dia;
- T_d = Tempo de digestão do lodo fresco, ou seja, tempo necessário para que o lodo seja transformado ou digerido. No Brasil, devido às temperaturas elevadas, o tempo de digestão é em torno de 50 dias;
- T_a = Tempo de armazenamento do lodo digerido e também pode ser definido como o tempo transcorrido entre limpezas. Para fossas com limpeza anual o tempo de armazenamento é de 300 dias;

- R2 é um coeficiente, cujo valor é 0,5, que interpreta a redução de volume do lodo durante a digestão, já que metade do lodo é transformado para líquidos e gases;

- R1 é um outro coeficiente, cujo valor é 0,25, que interpreta a redução de volume do lodo digerido durante o armazenamento pelos efeitos da digestão continuada e do peso da coluna de água.

Assim o Volume Útil fica então:

$$V_u = N.C.T + N.Lf.Td.R_2 + N.Lf.Ta.R_1$$

Para um intervalo entre limpezas de um ano a fórmula será:

$$V_u = N (C.T + 100 Lf)$$

Mas, pode-se entender que essa parte do cálculo é realmente teórica, pois no primeiro período de um ano é que se dá início a um verdadeiro tratamento anaeróbio, nesse tempo a biomassa forma-se mais eficazmente. Portanto, a limpeza deve ser feita com no mínimo 4 anos.

O volume útil mínimo da fossa deverá ser de 1250 L. A profundidade útil mínima de um Tanque Séptico deverá ser, de acordo com a norma brasileira NBR 7229, de 1,20 m devendo ficar claro que essa profundidade é aquela entre o nível de água e o fundo da fossa. Deverá ser deixado um espaço (folga = 30 cm) entre o nível de água e a laje de cobertura. Quando for escolhida a forma cilíndrica o diâmetro mínimo da fossa será de 1,10 metros. Para fossas prismático-retangulares (forma de caixa de sapato) a largura mínima deverá ser de 0,70 m e o comprimento deverá ser no mínimo de duas vezes a largura e máximo de quatro vezes a largura.

Em fossas de dois compartimentos, a capacidade útil deverá ser calculada de acordo com a fórmula seguinte:

$$V_u = 1,3 (N.C.T + N.Lf. Td.R_2 + N.Lf.Ta.R_1)$$

Sendo que para fossas com intervalos de limpeza de um ano a expressão será:

$$Vu = 1,3 N (C.T + 100 Lf)$$

O volume útil mínimo será de 1650 L. A profundidade útil mínima será de 1,20 m e a largura útil mínima 0,80 m, valendo para o comprimento as mesmas relações obedecidas no caso de fossas sépticas de câmara única. O volume da primeira câmara deverá ser de 2/3 e o da segunda 1/3 do volume útil da fossa calculado pela equação 14.

Com relação ao comprimento a mesma relação deve ser obedecida. Convém localizar um ou mais orifícios de passagem na parede intermediária a dois terços do piso e com área total de 5 a 10% da área da parede molhada.

A cobertura do tanque deverá ser executada com lajes pré-moldadas removíveis, ou seja, não rejuntadas de modo a facilitar as operações de inspeção e limpeza. Esta cobertura deverá ser coberta com uma camada de terra com pelo menos trinta centímetros de espessura de modo a impedir a penetração de insetos (baratas, por exemplo) para proliferação no interior do tanque.

A seguir uma imagem adquirida no próprio local de estudo em Santo Amaro da Imperatriz, comporá a visualização do que está sendo explicado até aqui. Essa mostra o efluente vindo do sentido esquerdo para o direito, então, com a apresentação da Fossa Séptica seguida do Filtro Biológico, os dois feitos de concreto, neste caso.



Imagem 2 – Primeiro Módulo do Tratamento de Efluentes.

Fonte: FILHO: 2010.

Já o Filtro Biológico tratará dos resíduos aparentemente mais líquidos. Como apresentado anteriormente na seção da Fossa Biodigestora Anaeróbia.

Montagem do Segundo Módulo (M2):

As principais características de montagem desses módulos são fundamentadas em condições físicas de desnível hidráulico, por sempre (ou quase sempre) ser empregada a ação da gravidade para deslocamentos de efluentes líquidos.

O fluxo é ascendente nessa segunda etapa, o encanamento é instalado na parte inferior da primeira caixa de 1000 L (Segundo Módulo), para fazer o efluente subir e ser filtrado

Essa sequência se inicia com um sistema de reservatório impermeável de 1000 L, tubulações e acessórios de proteção contra entupimentos, além de que as camadas dos materiais (pedras, brita número 2, areia média, terra e barros, além de plantas terrestres, com características de raízes aptas à sobrevivência em terras muito úmidas) devem ser colocadas nas ordens que permitam a filtragem das partículas das camadas mais expeças primeiramente (pedras e pedregulhos), e posteriormente as mais finas (areia e terra), bem como os elementos de proteção de entupimento atuem nas específicas etapas do funcionamento.

As plantas terrestres estudadas e adaptadas para este estudo foram o Caeté (*Heliconia*) e o Lírio da Paz (*Spathiphyllum wallisi*), que tem em suas características principais, adaptem-se bem em locais muito úmidos e que conservem folhas durante todo o ano, além de possuírem raízes longas e abundantes.



Imagem 3 – Segundo Módulo do Tratamento de Efluentes.

Fonte: FILHO: 2010.

Montagem do Terceiro Módulo (M3):

Obedecendo aos mesmos critérios de inclinação das tubulações e do sistema, para que haja melhor escoamento do efluente, esse módulo deverá ficar em um nível inferior quanto à cota do M2.

As características do reator seguem o mesmo padrão de impermeabilidade, ou seja, outra caixa de 1000 L feita de Fibra de Carbono.

Este sistema será então, composto por material líquido parcialmente filtrado, que agora será tratado pelos Aguapés (*Eichhornia crassipes*) que foram citados anteriormente, obedecendo as suas características de filtragem e limpeza da carga orgânica do efluente, estes com suas características flutuantes, removerão grande parte da carga poluidora do esgoto doméstico do sistema de tratamento. Aqui também serão colocados exemplares do peixe Lebiste (*Poecilia reticulada*), para combater Larvas de Mosquitos, que facilmente sobrevivem em ambientes com tantos nutrientes, muito úmido, protegido e com temperatura ideal para a proliferação de mosquitos.



Imagem 4 – Terceiro Módulo do Tratamento de Efluentes.

Fonte: FILHO: 2010.

Montagem do Quarto Módulo (M4):

A disposição física dessa etapa é também localizada em níveis topográficos inferiores as demais, obedecendo aos princípios físicos da gravidade. O reservatório, assim como os anteriores, é também uma caixa de 1000 L impermeável, e irá compor o último processo de tratamento do sistema.

Nesse tanque, o efluente chegará mais puro que nos demais, e estará envolvido sob a ação de mais plantas aquáticas que tem a função de absorver microorganismos ainda contidos nesse líquido, além de produzirem oxigênio nesse ambiente. Essas outras plantas aquáticas, não são mais os Aguapés e sim a Alface d'Água e a Cabomba. A Alface d'Água, assim como o Aguapé, possui raízes longas e finas, são submersas e retiram nutrientes das águas carregadas de elementos simples como o nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, ferro, manganês e alumínio. A etapa metabólica, ou fisiológica apresentada anteriormente, cumpre-se quando essas plantas absorvem esses elementos presentes na água e os transforma, através da fotossíntese, em biomassa ou matéria verde.

Ainda estarão participando desse módulo (M4), os peixes Lebistes com a função de controlar as Larvas de Mosquitos. Os peixes além de consumirem as larvas, irão servir de comprovante do grau de purificação da água, pois são sensíveis e não sobreviveriam em águas muito contaminadas.

O autor Pedro Simão da Cruz Filho, afirma em seu artigo, que a espécie desse animal aquático já foi testada anteriormente, como predador voraz de larvas, por Marcos Silva, Piscicultor da cidade de São Paulo e pesquisador de Aquicultura.



Imagem 5 – Quarto Módulo do Tratamento de Efluentes.

Fonte: FILHO: 2010.

Para dar desfecho na construção do sistema, há de serem feitos os Testes de Fluxo dos efluentes.

Então a observação de que o deslocamento natural é imprescindível para o funcionamento correto do sistema. Há de se tomar cuidado com o transbordamento dos reatores, pois isso poderá ocorrer quando o volume de entrada de líquido foi maior do que a vazão do sistema, ou se os tubos usados nas ligações não estiverem bem dimensionados para o escoamento dos efluentes.

E por fim a Ligação Definitiva do Sistema, que deverá ser executada após serem realizados todos os testes anteriores. O sistema se completará com a plantação, imersão e submersão das plantas devidamente escolhidas, por suas raízes atenderem os pré-requisitos de purificação da água e povoamento dos peixes. Serão, então, necessários alguns cuidados para o sucesso do implemento, como por exemplo, não sobrecarregar de imediato os recipientes de tratamento, pois vários integrantes do sistema, são colocados advindos de outro ambiente com características totalmente diferentes. Nesse caso eles deverão se adaptar aos poucos. Quando introduzidos no seu espaço definitivo, os peixes deverão ser acondicionados a mesma temperatura do local de seu hábitat anterior.

A ligação do sistema aos receptores iniciais (M1), só será efetuada após todas as outras estarem totalmente testadas e asseguradas de suas funcionalidades, pois seria desagradável a reinstalação após já estar em funcionamento, salvo que um desmontamento poderá ocorrer para fins de manutenção.

4.3. Privada com Fossa Seca (FUNASA)

É uma solução individual para tratamento e destinação final dos esgotos domésticos, onde, não existe água encanada. O texto para apresentação dessa tecnologia foi adaptado do livro denominado Manual de Saneamento: Orientações Técnicas; da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) elaborado em 2006, com o intuito instruir as pessoas sobre como proceder em cada situação envolvendo saneamento básico em sua região de moradia.

O livro abrange temas como a Água, os Resíduos Sólidos, a Drenagem Urbana, Alimentos, Biologia e controle de Artrópodes, Controle de Roedores, noções de Topografia, além do tema mais observado por mim, neste momento, o Esgotamento Sanitário.

Tal sistema possui uma grande variedade de estudos, hoje em dia. Pois em muitas universidades, eles são denominados “Banheiro Seco”, inclusive na nossa UFSC, ele é estudado por alunos de diferentes cursos em diferentes situações. Como por exemplo, pelos alunos da Engenharia Sanitária e Ambiental, em parceria com alunos da Biologia e Agronomia, desenvolveram e construíram o Banheiro Seco Compostável, no pátio do CCA (Centro de Ciências Agrárias), onde um protótipo foi desenvolvido para suportar a utilização de certa quantidade de pessoas, por dia, e por certo período de tempo. E então, o “composto” pode ser adicionado às Leiras de Compostagem da Composteira Central do CCA, porém nessa tecnologia, utiliza-se serragem e folhas secas sobre os dejetos para realizar um primeiro tratamento biológico nas fezes, e então misturá-las a um sistema de compostagem central.

Definição:

A Privada com Fossa Seca compreende a casinha e a fossa seca escavada no solo, destinada a receber somente as excretas, ou seja, não dispõe de veiculação hídrica. As fezes retidas em seu interior se decompõem ao longo do tempo, por um processo denominado “Diges-

tão Anaeróbia”, anteriormente explicada na revisão bibliográfica, com os textos da Fossa Biodigestora Anaeróbia.

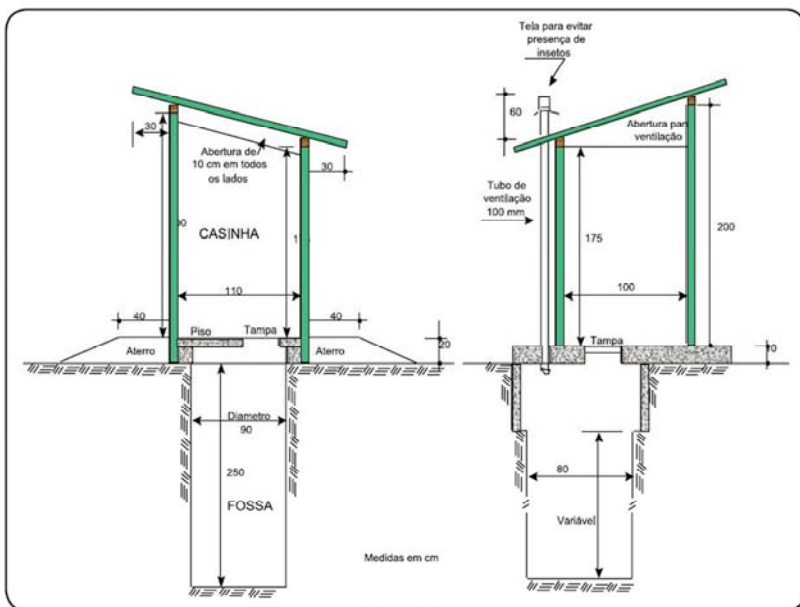


Figura 13 - Privada com Fossa Seca e Privada com Fossa Seca Ventilada.

Fonte: Funasa, 2006.

Localização:

Esse sistema de tratamento de esgotos domésticos deve prioritariamente, estar localizado em locais livres de enchentes e deve ser facilmente acessível aos usuários. Distantes de Poços de Captação, Fontes e Nascentes de Água, além de haver a necessidade de ser construído em cota inferior a esses mananciais, a fim de evitar a contaminação dos mesmos. A distância varia com o tipo de solo e deve ser determinada localmente. Para fins de execução, é necessário adotar um padrão, de distância mínima de segurança, dos mananciais, sendo esse padrão, de 15 metros.

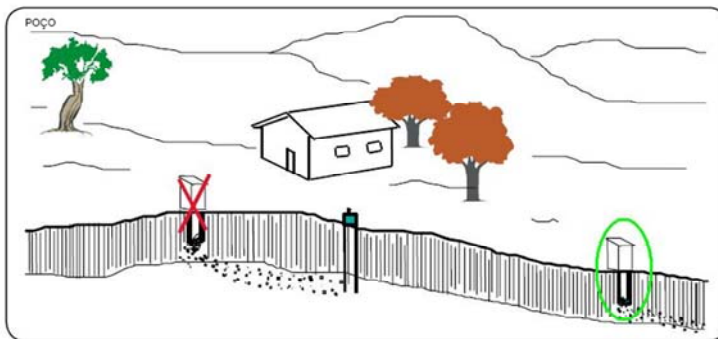


Figura 14 - Localização da Fossa Seca.

Fonte: Funasa, 2006.

Dimensionamento:

Para o dimensionamento da Fossa Seca, deverá ser levado em consideração o tempo de vida útil da mesma e as técnicas de construção. As dimensões indicadas para a maioria das áreas rurais são as seguintes:

- Abertura circular com 90 centímetros de diâmetro, ou abertura no formato quadrado com 80 centímetros de lado;
- A profundidade varia com as características do solo, o nível da água no lençol freático, além das condições naturais do terreno, recomendam-se valores em torno de 2,5 metros.

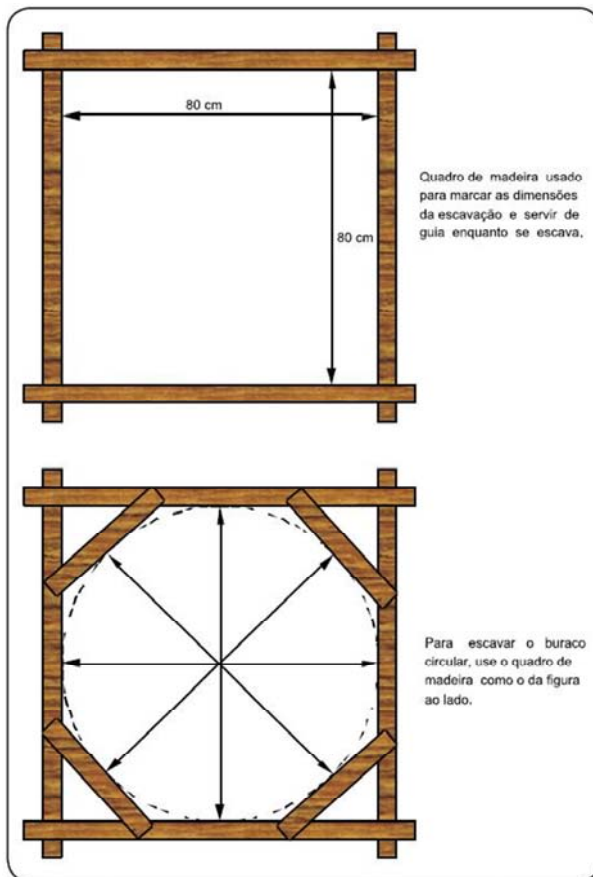


Figura 15 - Escavação da Fossa.

Fonte: Funasa, 2006.

Detalhes Construtivos:

1) *Revestimento da Fossa*

Em terreno pouco consistente, a Fossa será revestida com Mani-
lhões de Concreto Armado, Tijolos e Madeiras.

2) Assentamento da Base

O material para a base poderá ser: Tijolos, Madeira, Concreto Armado ou Blocos de Concreto.

A finalidade da Base é fazer a distribuição uniforme do peso da casinha sobre o terreno, servir de apoio ao piso e proteger a Fossa em si, impedindo a entrada de pequenos animais, como as baratas e insetos, além de pequenos roedores e outros animais.

A Base deve elevar-se cerca de 20 centímetros da superfície do solo.

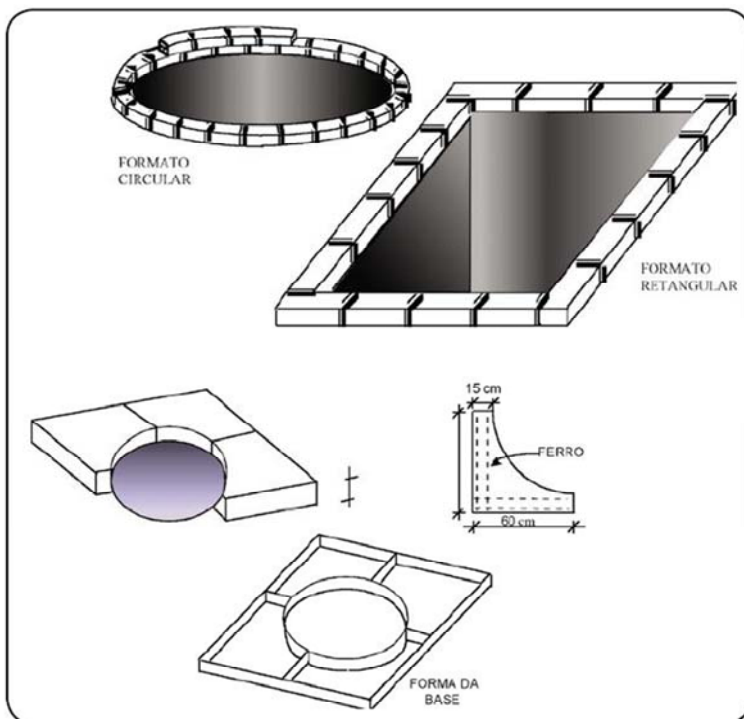


Figura 16 - Formatos da abertura da vala para construção da Fossa.

Fonte: Funasa, 2006.

3) *Piso (Laje da Privada)*

Deve ser assentado horizontalmente sobre a base, fazendo a cobertura da fossa.

A fim de suportar o peso do usuário, deve ser construído de material resistente como o Concreto Armado ou Madeira de boa qualidade.

O Piso dispõe de uma abertura destinada à passagem dos dejetos para dentro da Fossa e por motivos de higiene, é preferível não instalar assento sobre a mesma. Entretanto, deve-se atender, neste caso particular, aos hábitos e costumes da população.

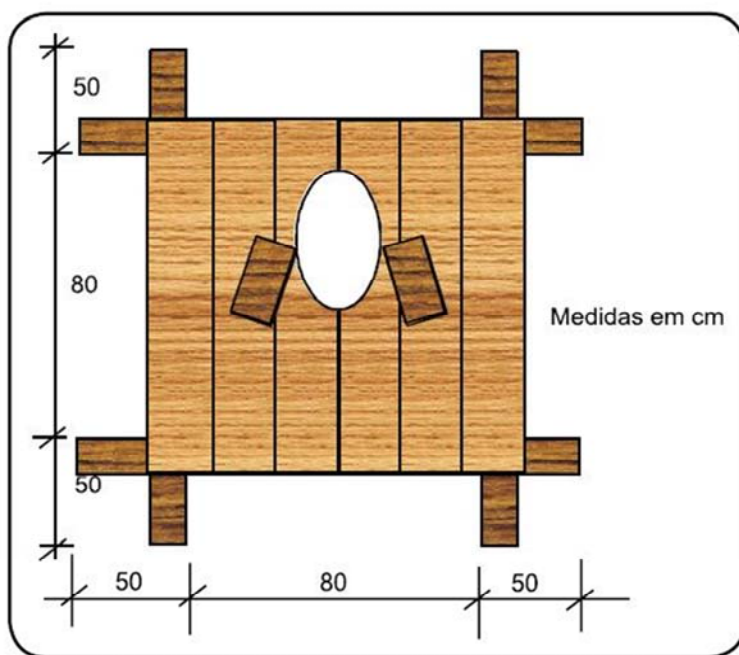


Figura 17 - Base e Piso de Madeira para Privada.

Fonte: Funasa, 2006.

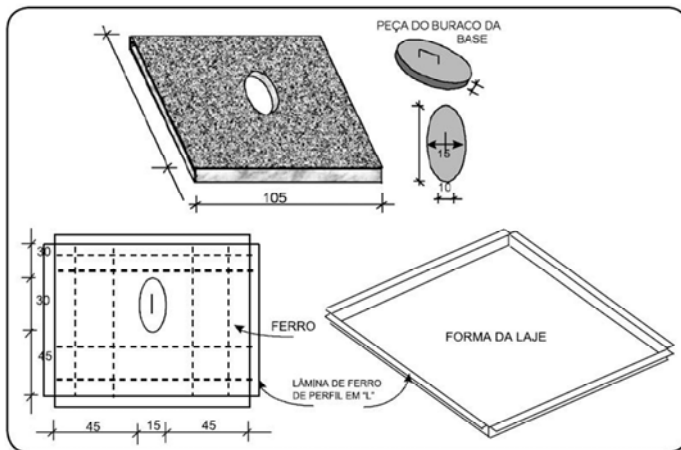


Figura 18 - Laje de Concreto para Piso de Privada (medidas em “cm”).
Fonte: Funasa, 2006.

4) *Aterro de Proteção (Montículo)*

Aproveitando a própria terra retirada na escavação da fossa, fazer um aterro compactado até a altura da base, formando uma plataforma, em torno da privada. Sua finalidade é proteger a Base, desviar as águas de chuva e dificultar a entrada de parasitas, insetos e roedores.

Para uma maior durabilidade, é recomendado ou aconselhável que se plante grama sobre a essa terra do Montículo.

5) *Casinha*

A finalidade da casinha é abrigar o usuário e completar a proteção da Fossa.

É conveniente que o recinto seja mantido em penumbra para evitar a presença de moscas. Por isso, a porta deverá permanecer sempre fechada (quando não estiver em uso, prioritariamente) e a ventilação ser feita através de pequenas aberturas no topo das paredes.

Se, por um lado, as dimensões estão condicionadas ao custo mínimo de implantação do sistema todo, por outro devem oferecer um mínimo de conforto ao usuário, isso é imprescindível no que tange a projetos a serem executados para o uso popular, como aqui proposto.

A área recomendada para o Piso é de 1,00 m². A altura das paredes, 2,00 metros na frente e 1,75 metros na parte de trás da Casinha. Quanto à cobertura, deverá ter um Beiral de 0,30 metros, a fim de proteger a estrutura das paredes, pela ação das chuvas.

Existe uma grande variedade de materiais empregados na confecção da Casinha. Entretanto, a preferência será àqueles de maior disponibilidade no mercado, menor custo e maior resistência:

Para as Paredes: Tijolos, Madeira, Adobe, Taipa, Blocos de Concreto e Placas de Concreto Armado.

Para o Telhado: Telhas Francesa e Colonial, Chapas Onduladas de Cimento Aminanto, Zinco e Alumínio, além de Placas de Concreto Armado.

A Porta é geralmente construída de Madeira. Por uma questão de mobilidade e comodidade, deve ser instalada abrindo para fora, contudo, para ficar mais bem protegida e ter maior durabilidade poderá ser construída de forma a abrir para dentro.

6) *Casinha pré-fabricada de Placas de Cimento*

Possui paredes e cobertura confeccionadas com placas de Cimento Armado de 2,5 centímetros de espessura. Em algumas regiões do Brasil, é de custo menor que as casinhas comuns de alvenaria de tijolos. Apresentam ainda como vantagens a construção em série, a montagem rápida e boa resistência à intempérie, além de obter um melhor aspecto no produto final.

A armação é feita com Arame número 8 ou 10, Arame Farpado, Vergalhão 3/16" ou ainda tela de Arame. A frente é construída de três placas, sendo uma superior e duas laterais. Em uma dessas placas laterais é adaptado um sarrafo ou uma ripa de madeira destinada à montagem da porta. A Cobertura compõe-se de duas placas e as paredes laterais e traseiras, duas ou três placas cada uma. Durante a montagem, as placas serão unidas com Arame ou Argola e Gancho (fundidos na própria placa). O rejuntamento das placas deve ser feito com Argamassa de Cimento, tomando internamente a forma de "bisel" (denominação para algo, oblíquo, inclinado).

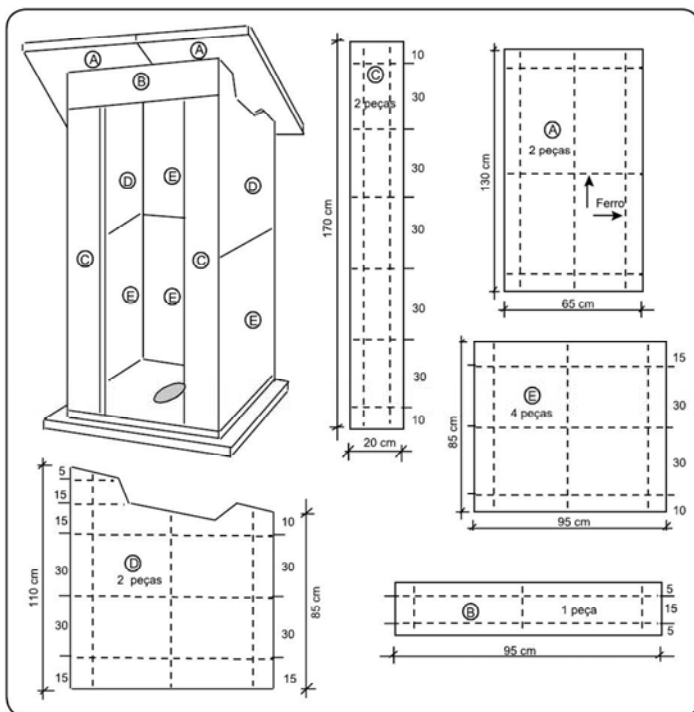


Figura 19 - Casinha pré-fabricada em Placas de Cimento.

Fonte: Funasa, 2006.

7) Tampa da Privada

A abertura do Piso deve ser mantida fechada quando a Privada não estiver em uso, a fim de evitar a proliferação de moscas e mosquitos, além de evitar que (se existir, no momento) algum mau cheiro se exale, desagradando quem estiver por perto do sistema.

8) Ventilação

O acúmulo de gases no interior da Fossa resulta no seu desprendimento abrupto, no momento em que o usuário retirar a tampa do buraco do Piso. A fim de evitar essa condição desconfortável, recomenda-se instalar um *Tubo de Ventilação da Fossa*, localizando-o na

parte interna da casinha, junto à parede, com a extremidade superior com cota maior que a do telhado.

9) *Manutenção:*

Sendo essa tecnologia uma Fossa Seca, é contra-indicado o lançamento de água no seu interior. Deverão ser lançados apenas os dejetos e o papel higiênico (papel de limpeza). Entretanto, se ocorrer mau cheiro, recomenda-se empregar pequenas porções de sais alcalinizantes, como sais de sódio, cálcio e potássio, sendo comum o uso de *cal* ou *cinza*.

Justifica-se essa medida pelo mau cheiro que a excreta desprende em fase da digestão ácida (séptica). No início da digestão, há tendência para o desenvolvimento de bactérias próprias do meio ácido, responsáveis pela produção de compostos voláteis mal cheirosos como ácido sulfídrico, mercaptanas, escatol, ácido caprílico, butírico e outros. Entretanto, com pH elevado, haverá o desenvolvimento de bactérias responsáveis pela produção de gases incolores, como metano e gás carbônico.

A porta da casinha deve estar sempre fechada e o buraco tampado quando a fossa estiver fora de uso.

Vantagens e Desvantagens:

I. Vantagens:

- Baixo custo;
- Simples operação e manutenção;
- Não consome água;
- Risco mínimo à saúde;
- Recomendada p/ áreas de baixa e média densidade;
- Aplicável a tipos variados de terrenos;
- Permite o uso de diversos materiais de construção.

II.Desvantagens:

- Imprópria para áreas de alta densidade;
- Podem poluir o subsolo;
- Requer solução para outras águas servidas.

4.4. Círculo de Bananeiras

O círculo de bananeira é usado para tratar as águas usadas da casa (pias, tanques e chuveiros), as chamadas águas cinzas. Ele também beneficia a produção de bananas em escala humana.

Essa técnica de tratamento de efluentes líquidos se encaixa perfeitamente com a utilização de um sistema de tratamento com Fossa Biodigestora. Pois, enquanto uma tecnologia pode tratar somente as “águas cinzas” a outra pode tratar somente as “águas negras”, então, elas somadas fornecem um ótimo resultado para o tratamento dos efluentes de uma residência. Essas tecnologias unifamiliares de tratamento de esgotos domésticos são, portanto, de simples execução, porém de grande fundamentação e sustentabilidade.

Essa técnica de plantar bananas ou outras culturas em formatos circulares originou-se da observação dos efeitos dos fortes ventos sobre a cultura dos cocos. Numa clareira os coqueiros caídos davam origem a círculos de coqueiros que nasciam, se desenvolviam e produziam melhor do que quando sós. O padrão natural observado foi que no centro do círculo se depositavam folhas, ramos, frutos, etc, que retinham a umidade e concentravam nutrientes, beneficiando a cultura dos coqueiros. Dessa observação, passou-se em seguida às experiências com outras culturas, como a da banana.

No caso das bananeiras percebeu-se que elas, como outras plantas de folhas largas como o mamoeiro, evaporavam grandes quantidades de água e estabeleceu-se assim uma relação com as águas cinzas das residências. Essa ligação é feita entre a necessidade de se tratar a águas que saem das pias e chuveiros das residências com a grande capacidade de evaporar (tratar) dos círculos de bananeiras. E isso é uma das bases do design na permacultura, estabelecer relações positivas, sinérgicas entre os elementos de um sistema vivo. A Figura 20 ilustra a apresentação de um sistema de Círculo de Bananeiras.

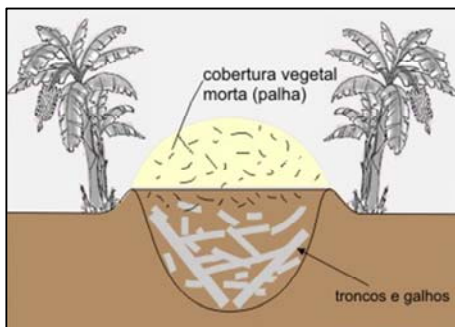


Figura 20 – Apresentação de um Círculo de Bananeiras.

Fonte: Setelombas, 2011.

A seguir, serão apresentados os procedimentos práticos para a montagem e manutenção do sistema de Círculo de Bananeiras, para tratamento de águas denominadas “cinzas” por conterem agentes surfactantes, além de outros inorgânicos.

O material utilizado para a apresentação desse sistema de tratamento foi o site do Setelombas um sítio situado no estado de Santa Catarina em região próxima a Criciúma e Siderópolis. Esse sítio possui grandes histórias sobre eco-turismo, além da diversidade de estudos biológicos, agricultores e permacultores. O sítio e este material são coordenados por Itamar Vieira, um permacultor e administrador de empresas. No ano de 2006, Itamar escreveu um artigo sobre o sistema de tratamento de “águas cinzas” com Círculos de Bananeiras, deste artigo eu exprimi informações que complementariam este trabalho.

Construção:

O trabalho começa com a construção de um buraco, em forma de concha, com 1 m cúbico de volume. Lembre-se que a terra retirada do buraco é colocada na borda aumentando a altura do buraco.

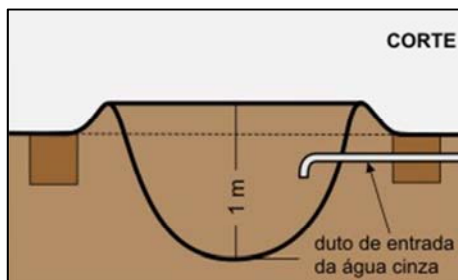


Figura 21 – Desenho em Corte de um Círculo de Bananeiras.

Fonte: Setelombas, 2011.

Os sistemas vivos não seguem projetos do papel, pois podem modificar-se facilmente, em função dos movimentos naturais impulsionados pelos ventos e chuvas principalmente. Então mais importante do que seguir as dimensões apresentadas, é procurar observar no local, o solo, a insolação, incidência de geadas, etc. para definir melhor como será o círculo de bananeiras da residência.

O buraco, depois de pronto, deve ser preenchido com madeira e palha para criar um ambiente adequado para o recebimento da água cinza e para beneficiar a micro vida.

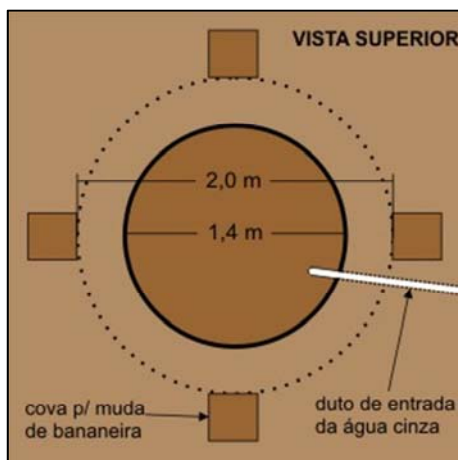


Figura 22 – Desenho em Vista Superior de um Círculo de Bananeiras.

Fonte: Setelombas, 2011.

Isso é feito primeiro colocando pequenos troncos de madeira grossos no fundo. Em seguida galhos médios e finos de árvores e por último a palha (aparas de capim, folhas, etc.) formando um monte com quase 1 metro de altura acima da borda do buraco.

A madeira deve ser colocada de forma desarrumada, para que se criem espaços para a água. A palha em cima serve para impedir a entrada da luz e da água da chuva, que escorrerá para os lados não inundando o buraco e não se contaminando com a água cinza. A imagem a seguir, ilustra o que foi apresentado sobre o buraco.



Imagem 6 – Buraco de tratamento, com madeiras, galhos e palhas.

Fonte: Portal Paisagismo, 2011.

A água cinza deve ser conduzida por um tubo até o buraco e com um joelho na ponta para evitar o entupimento. Não usar valas abertas para a condução da água, assim mosquitos e outros animais indesejados não terão como se desenvolver. E os microorganismos da compostagem terão um ambiente perfeito para fazer o seu trabalho. A tubulação de transporte da água cinza pode ser ilustrada na imagem a seguir.



Imagem 7 – Tubos de transporte da água cinza ao buraco de tratamento.

Fonte: Portal Paisagismo, 2011.

Plantio:

As bananeiras podem ser plantadas de diversas maneiras. Mas eu prefiro usar o rizoma inteiro ou uma cunha (parte de um rizoma) com uma gema visível. Após fazer as covas (no mínimo 30x30x30 cm) deve-se enche-las com bastante matéria orgânica (palhas, folhas, etc.) misturada com terra. Antes de preencher totalmente o buraco, na hora de colocar o rizoma, posicione para que a gema fique para o lado de fora do círculo e inclinado de forma que a bananeira nasça caída para fora. Essa inclinação da bananeira é mais fácil de ser conseguida quando plantada a partir de rebentos. Isso facilitará a colheita e o manejo das bananeiras. O rizoma deve ficar há uns 10 cm, em média, abaixo do nível do solo.

Ao redor do círculo, também é indicado o plantio de mais plantas de folha larga como a taioba, o mamoeiro e entre elas batata doce ou outras plantas rasteiras para cobrir todo o espaço. Em pouco tempo o círculo irá se transformar em um nicho de fertilidade que vai se espalhar pelo entorno.



Imagem 8 – Pequenas Bananeiras crescendo após o plantio.
Fonte: Portal Paisagismo, 2011.

Cuidados:

A água cinza não deve conter águas dos vasos sanitários. Estas deveriam ir para outros sistemas apropriados para o seu tratamento. Como no caso apresentado anteriormente, a Fossa Biodigestora seria um ótimo tratamento para existir em paralelo ao Círculo de Bananeiras, em uma residência rural.

Nas pias e chuveiros deve-se evitar o uso de detergentes químicos e outras substâncias tóxicas como cloro, etc., pois estas substâncias matam os microorganismos e impedem a compostagem dos nutrientes contidos na água cinza com a madeira.

Se o volume de água cinza produzido na casa for maior do que a capacidade de recebimento do círculo, a melhor solução é construir outro círculo interligando ao primeiro. A água cinza entra por cima no primeiro e sai no nível máximo por meio de outro tubo e segue para o segundo círculo. Conforme a situação pode-se ter uma bateria de círculos inteligados.

A imagem a seguir exemplifica um sistema bem executado e com boa manutenção.



Imagem 9 – Pequenas Bananeiras crescendo após o plantio.

Fonte: Portal Paisagismo, 2011.

Manejo:

Sempre colocar aparas de poda (grama, capim, galhos) no centro para alimentar o círculo e evitar que o buraco seja inundado com a água da chuva.

Após colher o cacho de bananas, deve-se cortar a bananeira bem na base e em pedaços de 1 metro, rachar ao meio (longitudinal) e também colocar no centro do círculo. A cada 3 anos (ou mais) todo o material depositado no buraco pode ser retirado (quando os troncos se dissolverem) e usar como adubo orgânico na horta. E repor novo material como no início da implantação do círculo.

Vantagens no tratamento e reuso local de águas cinzas:

- Promove a recarga do lençol freático;
- Diminui o consumo de água tratada (para irrigação);
- Mantém os nutrientes no local;
- Promove o crescimento das plantas e árvores;
- Diminui o volume de esgoto e consequentemente o impacto em fossas e na rede de tratamento;
- Causa menor demanda de energia e uso de químicos;

- Conscientiza o usuário da importância de usar produtos de limpeza biocompatíveis.

5. REFERÊNCIAS

- ABNT. (Associação Brasileira de Normas Técnicas). (NBR – 7229) – Projeto, Construção e Operação de Sistemas de Tanques Sépticos. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.
- ABNT.(Associação Brasileira de Normas Técnicas). (NBR – 9648) – Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
- AZEVEDO NETTO, J.M., FERNANDEZ Y FERNANDEZ, M., ARAUJO, R., ITO, A.E. **Manual de Hidráulica**. 8ª Edição, Editora Edgar Blücher, São Paulo. 1998.
- AZEVEDO NETTO, J.M. e HESS, M.L. **Tratamento de Águas Residuárias**. Separata da Revista DAE. 1970. 218p.
- AZEVEDO NETTO, J.M. et al. **Sistemas de Esgotos Sanitários**. São Paulo, FHSPUSP, 1973.
- BARROS, T. de V. et al. - **Manual de Saneamento Proteção Ambiental para os Municípios, VOL. 2 – Saneamento**. Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 1995. BRASIL. Constituição Federal (1988). Brasília: Senado Federal, 1988.
- BRASIL. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). **Manual de Saneamento**. 3ª ed. Ver. 1ª Reimpressão – Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 408 p.
- BRASIL. **Lei nº. 11.445** de 5 de Janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Guia para a elaboração de planos municipais de saneamento**. Brasília, 2006. 152 p.

BRASIL. Programa de Modernização do Setor Saneamento. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos (SNIS), 2006**. Brasília: MCIDADES. SNSA, 2007.

CHERNICHARO, C.A.L. **Reatores Anaeróbios. Princípios de Tratamento Biológico das Águas Residuárias**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG. Volume 5, 246p. Belo Horizonte, 1997.

CISAM / AMVAP. (Conselho Intermunicipal de Saneamentos Ambiental / Associação dos Municípios da Microrregião do Vale do Paraíba). **Manual de Saneamento Rural**. Uberlândia – MG. Novembro de 2006.

ECOJARDIM. Auarismo e Aquapaisagismo. Disponível em: <<http://ecojardim.wordpress.com/apresentacao/os-agentes-patogenicos>>. Acesso em 02 jun 2011.

FAO. Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. Disponível em: <<https://www.fao.org.br/noticias.asp>>. Acesso em 05 maio 2011.

FILHO, C. F. M. e FEITOSA, N. B. – **Saneamento Rural** – Universidade Federal da Paraíba, 2002.

FILHO, Pedro Simão da Cruz. **Tratamento de Efluentes Líquidos por Filtro Biológico com Zona de Raízes e Piscicultura para combate de Larvas de Mosquitos**. Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI. Santo Amaro da Imperatriz. Santa Catarina. 2010.

GALINDO, Natalia. SILVA, Wilson Tadeu. NOVAES, Antônio Pereira de. GODOY, Luis Aparecido de. SOARES, Márcia Simões. GALVANI, Fábio. **Perguntas e Respostas: Fossa Séptica Biodigestora**. São Carlos. São Paulo. Embrapa Instrumentação. 2010.

GLOBO RURAL. Site do Jornal e Revista Globo Rural. Disponível em:
<<http://revistagloborural.globo.com/GloboRural/0,6993,EEC921359-4528-1,00.html>>,
<<http://revistagloborural.globo.com/GloboRural/0,6993,EEC921359-4528-2,00.html>>. Acesso em 01 maio 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável** - Brasil 2004. Dimensão Ambiental - Saneamento. Tratamento de Esgoto. Rio de Janeiro, RJ. 2004.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 02 jun. 2011.

JORDÃO, E.P; PESSOA, C.A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 3.ed., Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária – ABES, 1995 – 681 p.

METCALF & EDDY. Wastewater **Engineering Treatment and Reuse**. 4ª Edição. International Edition 2004, McGraw Hill.

NOVAES, A. P.; SIMÕES, M. L.; MARTIN-NETO, L.; CRUVINEL, P. E.; SANTANA, A.; NOVOTNY, E. H.; SANTIAGO, G.; NOGUEIRA, A. R. **A. Utilização de uma fossa séptica para melhoria do saneamento rural e desenvolvimento da agricultura orgânica**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2002. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Comunicado Técnico, 46).

NUVOLARI, Ariovaldo (Coordenador). **Esgoto Sanitário: Coleta, Transporte, e Reúso Agrícola**. 1ª Edição. São Paulo: Edgar Blücher, 2003. Bibliografia: ISBN 85-212-0314-4.

PEGORARO, Luis Sergio. **Projeto Tietê**. São Paulo. Gráfica Estadão. (s/d). 357p.

PORTAL PAISAGISMO. Dicas e notícias dos mais diferentes profissionais e empresas, abordando assuntos vinculados ao paisagismo e jar-

dinagem. Disponível em:
<http://www.portaipaisagismo.com.br/dicas/19/Como_fazer_um_c%C3%ADrculo_de_bananeira_para_tratamento_das_%C3%A1guas_cinzas.html>. Acesso em 03 jun. 2011.

PROSAB, Projeto (PROGRAMA DE PESQUISAS EM SANEAMENTO BÁSICO). **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. José Roberto Campos (coordenador). -- Rio de Janeiro : ABES, 1999.

TRATA BRASIL, Instituto. **Planos Municipais ou Regionais, Exigência Legal**. Cartilha de Saneamento. São Paulo – SP. Julho de 2009.

VIEIRA, Itamar. **Círculo de Bananeiras**. Sítio SeteLombas. 2006. Disponível em: < <http://www.setelombas.com.br/2006/10/circulo-de-bananeiras>>. Acesso em 03 jun. 2011.

UNICEF. Site da UNICEF: (UNICEF, IMPRENSA). Disponível em:
<http://www.unicef.org/brazil/pt/media_12597.htm>,
<<http://www.ecodebate.com.br/2008/07/18/25-bilhoes-nao-tem-acesso-a-saneamento>>. Acesso em: 01 maio 2011.

VIEIRA, Itamar. **Círculo de Bananeiras**. Sítio SeteLombas. 2006. Disponível em: < <http://www.setelombas.com.br/2006/10/circulo-de-bananeiras>>. Acesso em 03 jun. 2011.